

**Т Р У Д Ы**  
**ЛЕНИНГРАДСКОГО ЭЛЕКТРО-МЕХАНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА**  
**ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

---

**ВЫПУСК 4-й**

**ДМОХОВСКИЙ А. И.**

**УСТРОЙСТВО**  
**ДЛЯ СНАБЖЕНИЯ**  
**ПАРОВОЗОВ ПЕСКОМ**

**ИЗДАТЕЛЬСТВО**  
**ПРИ ЛЕНИНГРАДСКОМ ЭЛЕКТРО-МЕХАН. УЧЕБНОМ КОМБИНАТЕ Ж.-Д. ТРАНСПОРТА**

---

**ЛЕНИНГРАД — 1933**







ЛЕНИНГРАДСКИЙ ЭЛЕКТРО-МЕХАНИЧЕСКИЙ УЧЕБНЫЙ КОМБИНАТ  
ЖЕЛЕЗНО-ДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

---

А. Н. ДМОХОВСКИЙ

# УСТРОЙСТВО ДЛЯ СНАБЖЕНИЯ ПАРОВОЗОВ ПЕСКОМ

954011

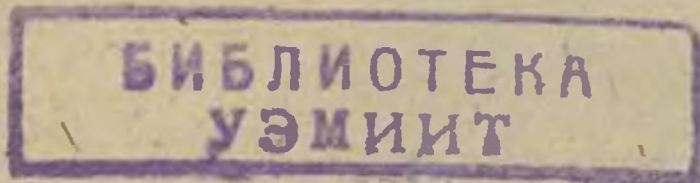
ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ПРИ ЛЕНИНГРАДСКОМ ЭЛЕКТРО-МЕХАН. УЧЕБНОМ КОМБИНАТЕ Ж.-Д. ТРАНСПОРТА  
ЛЕНИНГРАД — 1933



671.2

Д 53

Ответственный редактор *А. Т. Литвинов*.  
Технический редактор *П. Е. Свешников*.  
Поступило в производство 20/IX 1932 г.  
Подписано к печати 29/IV 1933 г.  
Вышло в свет в мае 1933 г.  
Бумага печ. 82 × 110.  
Колич. печ. знаков на листе 57.200





## ПРЕДИСЛОВИЕ

Реконструкция паровозного парка предусматривает модернизацию старых серий паровозов с целью увеличения их силы тяги.

Одним из способов, достигающих тех же результатов, не прибегая к конструктивным изменениям локомотивов, является широкое пользование песком.

Растущий грузооборот дорог Союза требует не только реконструкции, но и широчайшего использования внутренних ресурсов.

В ряду последних важное место занимает песочное хозяйство. Данная работа представляет попытку дать стандартную схему устройства для быстрого и легкого снабжения паровозов песком.

*А. Дмоховский*







## Часть I

# СУЩЕСТВУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ СНАБЖЕНИЯ ПАРОВОЗОВ ПЕСКОМ

## ГЛАВА I

**Необходимость подобных устройств.** Интенсивному использованию силы тяги паровозов мешает сравнительно низкий коэффициент сцепления между бандажами и рельсами. Коэффициент этот зависит от системы машины (уравновешенная или неуравновешенная) и от состояния поверхности рельс (сухие, влажные, гололедица и т. д.). Если первый из этих факторов является для данного паровоза более или менее постоянной величиной, меняющейся в сравнительно узких пределах (см. таблицу),

Система машины	Коэфф. сцепл.
1. Двухцилиндровый комп. и Маллеты . . . .	$1/6$ — $1/6,5$
2. Двухцилиндровый одиночн. расшир. . . . .	$1/5,5$ — $1/6$
3. Четырехцилиндровый с коленчатой осью .	$1/5,2$ — $1/5,5$
4. Трехцилиндровый с коленчатой осью . . .	$1/5$ — $1/5,5$

то второй, как зависящий от погоды, т. е. в конечном счете от случайных условий, может колебаться в весьма широких пределах и падать в отдельных случаях до  $1/10$ . Борьба с подобными случайными уменьшениями коэффициента сцепления велась до сего времени путем посыпания рельс песком, увеличивая таким образом коэффициент трения, а следовательно тем самым и коэффициент сцепления. Таким образом песочницей на паровозе пользовались только в крайних случаях, и в тяговых расчетах обычно это обстоятельство не учитывалось. Так практиковалось у нас и в Западной Европе. В САСШ же, наоборот, для повышения постоянного, для данной машины (см. предыдущую таблицу) коэффициента сцепления широко применяли песок. Пределом ограничения силы тяги по сцеплению там считали независимо от системы машины ту силу тяги, которая соответствует коэффициенту трения бандажа и рельса при условии, что рельсы посыпаны песком. В этом случае коэффициент сцепления поднимался до  $1/4$  —  $1/3,5$  (Ломоносов „Тяговые расчеты“) и американский паровоз такого же сцепного веса, как европейский, возил составы, по тому же профилю, значительно (процентов на 20 — 25) большие.

Совершенно ясно, что, взяв за образец американскую практику широкого пользования песком, мы неминуемо должны обратить серьезное внимание на объем и устройство паровозных песочниц, а также на вопросы подготовки песка и по-



дачи его на паровозы. Это важно потому, что расходы песка значительно повышаются, а необходимость как можно меньше времени задерживать паровоз под снабжением, при спаренной езде, заставляет механизировать все операции по экипировке.

Таким образом задача по повышению сцепной силы тяги паровоза помощью широкого применения песка распадается на две:

1. Выбор рационального вида паровозной песочницы.

2. Выбор рационального устройства для сушки песка и быстрой подачи его на паровозы.

Первая задача, как не входящая непосредственно в нашу работу, решена схематически, поскольку это надо для определения производительности постоянных устройств, вторая же выполнена детально и имеет своею конечной целью предложить конкретные схемы устройств для пескоснабжения в депо.

## ГЛАВА II

**Паровозные песочницы и расход песка ими.** Песочницы, применяемые сейчас, можно разделить на две основные группы: на песочницы, приводимые в действие руками (ручные), и песочницы, приводимые в действие сжатым воздухом (пневматические). Последние имеют то преимущество перед ручными, что при ветре песок не сдувается с рельс, а попадает под колеса; кроме того, засорение песочных труб в этом случае менее вероятно. Несмотря на некоторую сложность конструкции, указанные достоинства пневматических песочниц заставили отказаться от применения ручных. Ручной же привод остался в качестве запасного на случай порчи воздушного устройства. Касаться конструкции песочниц мы не будем, так как это не входит в нашу работу. Нас же главным образом интересуют объемы песочниц и время их опоражнивания. Эти данные сведены в таблицу (см. ниже).

№	Серия паровоза	Вес песка	Время опорож.	Примечания
1	Е 1-5-0	600 кг	3 ч. (пневмат.)	Обобщено по результатам опыта.
2	Щ 1-4-0	262 "	1 1/2 " "	
3	ОВ 0-4-0	190 "	1 " (ручная)	
4	Л 2-3-1	262 "	1 1/2 " (пневмат.)	Обобщено по результатам опыта.
5	С 1-3-1	262 "	1 1/2 " "	
6	Э 0-5-0	262 "	1 1/2 " "	

Для определения времени опоражнивания автором были проделаны следующие опыты с ручной песочницей. Песочница разбиралась, просматривались клапаны, прочищались песочные трубы. После этих операций песочница опять собиралась и засыпалась сушеным и просеянным песком, песок предварительно взвешивался. Затем под песочные трубы ставились противни и песочницу приводили в непрерывное действие в течение 20 минут, высыпавшийся песок взвешивался. Опыт производился па стоянке. Через 10 минут после открытия клапана песок занимал положение, по отношению к трубам меньшее, чем угол естественного откоса для



него, и переставал сыпаться, несмотря на действие заслонок и мешалки. Устранять это приходилось путем ворошения песка через открытую крышку, заменяя таким образом тряску, которая неизбежна на движущемся паровозе. Расход песка при этом, конечно, получался несколько большим, чем в естественных условиях, и следовательно время опорожнения меньше, так что выводы, построенные на этом опыте, имеют, несомненно, некоторый запас прочности. При этих условиях ручная песочница емкостью 190 кг опорожнилась в 90 минут, т. е. песка в ней хватает на 1½ часа непрерывного действия. Здесь надо оговориться, что песок сыпался из обеих труб неравномерно, а именно из правой трубы, имевшей 2 крутых изгиба, высыпалось в 2½ раза больше песка, чем из левой, имевшей 4 крутых изгиба. Кроме того из более погнутой трубы песок высыпался неравномерно; объясняется это тем, что он накапливался в коленах, а затем высыпался. Отсюда видно, что располагать песочницу на паровозе надо таким образом, чтобы число колен на трубах той и другой стороны было бы одинаково. Самые трубы, по возможности, имели бы меньше изгибов, нарушающих при ручной песочнице равномерную подачу, а при пневматической разрушающих трением песка о колено самые песочные трубы. Учитывая неравномерность высыпания песка следует принять время опорожнения ручной песочницы емкостью 190 кг не 1½ часа, а 1 час. Считая, что песочницей бригада пользуется только тогда, когда скорость поезда равна сцепной скорости, которая для данного паровоза будет 8 — 9 км/час, получим, что песочницы хватит на 8 — 9 км. В случае, если на тяговом перегоне таких мест больше, чем 8 — 9 км, песочницы очевидно нехватит, и потребуются дополнительное снабжение песком на станциях. Данные опыты с ручной песочницей можно распространить и на пневматические песочницы. Правда, последние устраиваются более тщательно и рационально, чем обыкновенные, и поэтому песок расходуют экономнее. Отсюда видно, что перенос результатов опыта с ручными песочницами на воздушные даст несомненно запас прочности в отношении расхода песка.

Будем считать, что при каждом выпуске паровоза из депо необходимо песочницу загружать на полный объем. Тогда расход сухого песку определится (в сутки) произведением числа выпускаемых паровозов на емкость одной паровозной песочницы.

Выясним теперь расходы песку (действительные) на паровоз в сутки по данным дорог СССР (ответ на анкеты автора).

№№ по порядку	Фирма дороги	Расход песку в сутки на паровоз в кг	Примечания
1	Екатерининская . . . . .	160	
2	Уссурийская . . . . .	500	
3	Мурманская . . . . .	90	
4	Самаро-Златоустовская . . . . .	90	
5	Забайкальская . . . . .	50	На горном участке.
6	Московско-Бел.-Балтийская . . . . .	250	
7	Московско-Курская . . . . .	28—140	В зависимости от времени года.
8	Рязано-Уральская . . . . .	250	Емкость песочницы.



Как видно из таблицы, некоторые дороги почти совсем не пользуются песочницами (расходы 50—90—140 кг в сутки). Другие же дороги, которые их используют, сообщают цифры (200—250 кг в сутки), указывающие на загрузку песочницы на полный объем при выпуске из основного депо, а в отдельных случаях (Уссурийская железная дорога) и при выпуске из оборотного депо.

По германским данным (Готшалк. Журнал Gläser's Annalen 1930 г., вып. 106, тетрадь 2), расход песку в сутки на один паровоз в среднем около 30 кг. Эта низкая цифра объясняется тем, что в европейской практике на песочницу смотрят, как на средство, применяемое только в крайних случаях (см. выше), а так как этих крайних случаев бывает немного, то и расход песку будет невелик. В дальнейшем мы на эту цифру, по указанным соображениям, ориентироваться не будем. При проектировке автором устройств для снабжения песком одной из промышленных дорог ему был задан расход 250 кг на паровоз в сутки, а этот последний был получен опытным путем. Установим теперь расход песку средним депо. На сети дорог СССР наиболее распространены паровозы с песочницами в 250 кг („С“. „Э“). В среднем депо, основное, дает около 8 пар поездов, т. е. выпускает 16 паровозов в сутки. Приняв еще 4 паровоза на хозпотребности, получим, что среднее депо дает 20 паровозов. Каждый паровоз требует 250 кг песку. Таким образом получим суточный расход песку в депо  $20 \times 250 = 5.000$  кг или 5 т ( $3\frac{1}{2}$  куб. м) сухого песку. Установив расход, перейдем к выбору системы печей и подъемного устройства.

### ГЛАВА III

**Печи для сушки песка.** Их можно разделить на две основных разновидности:

1 — на печи, в которых сырой песок приходит в непосредственное соприкосновение с нагретой поверхностью, и

2 — на печи, в которых сырой песок непосредственно не лежит на нагреваемой поверхности и сама сушка производится потоком нагретого воздуха.

Рассмотрим подробнее конструкции каждой из этих схем.

**Печи первого рода.** Самым простым устройством здесь будет подобие обыкновенной кухонной плиты, на которую насыпается сырой песок. По мере высыхания песка рабочий лопатой перемешивает его и когда вся порция, насыпанная на плиту, высохнет, его сгребают и насыпают новую. Преимуществом такого устройства является крайняя простота. Однако недостатки заставили отказаться от его применения. Рассмотрим главнейшие из них.

1. Малая производительность.

2. Большой расход топлива, объясняющийся тем, что песок в массе мало теплопроводен, в силу чего толстый слой его будет сушиться долго. Кроме того, пары воды из высушенного слоя стремятся идти через еще непрогретые слои песка и тем увлажняют их, вызывая дополнительный расход топлива на новое выпаривание.

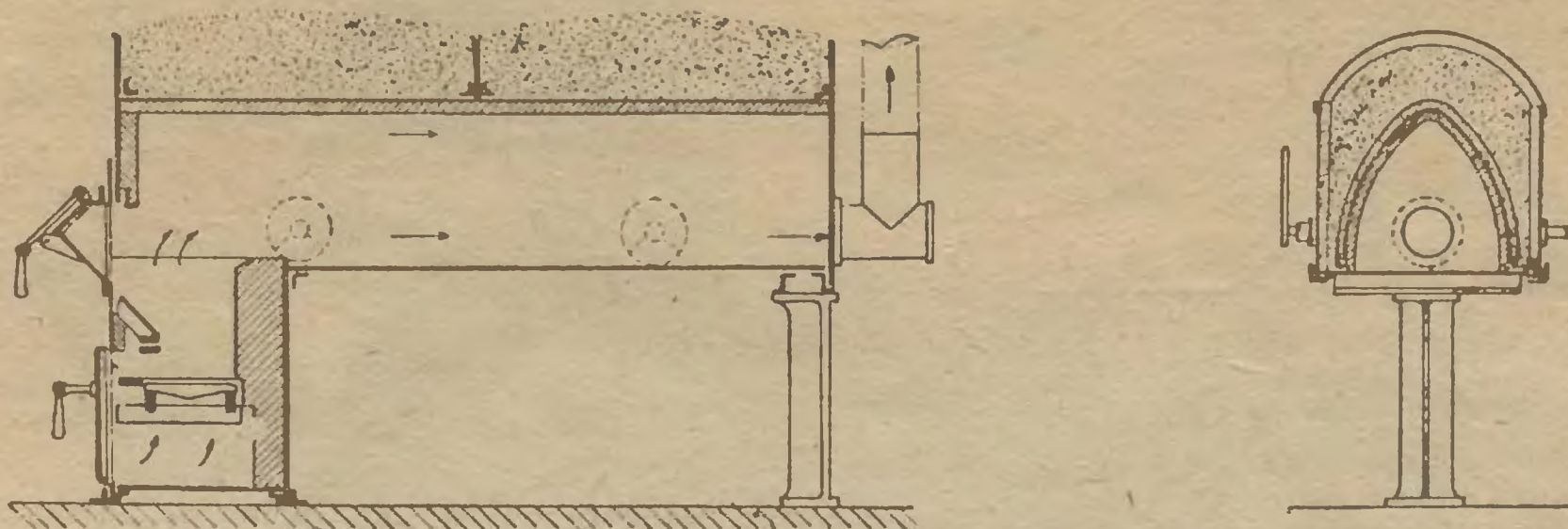
3. Возможность перекала песка и тем самым обращения его в пыль.

4. Тяжелая обстановка работы (пыль, нагретый песок) создает крайне неблагоприятные условия для обслуживающего персонала.



На сети дорог СССР подобных устройств еще имеется достаточное количество. Приведем некоторые данные об их эксплуатации. На Мурманской железной дороге при расходе на паровоз в сутки песка 90 кг расход на топливо (дрова) 50 коп.

*Печь для сушки песка*

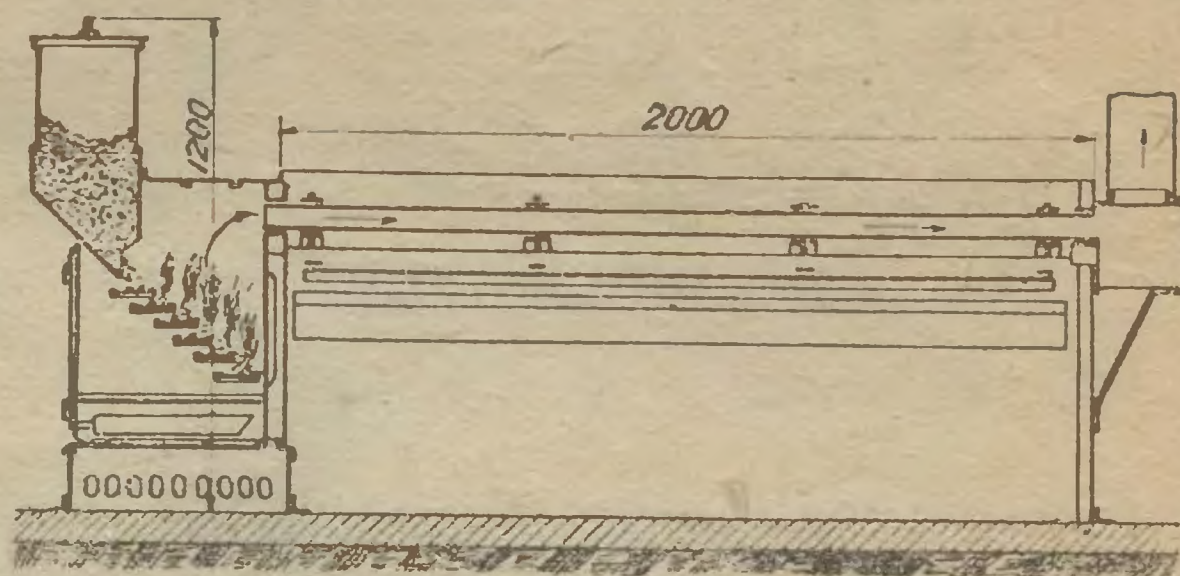


Фиг. 1. Печь для сушки песка.

В качестве усовершенствованных печей подобного рода приведем схему печи „Бавария“ и схему трубчатой печи.

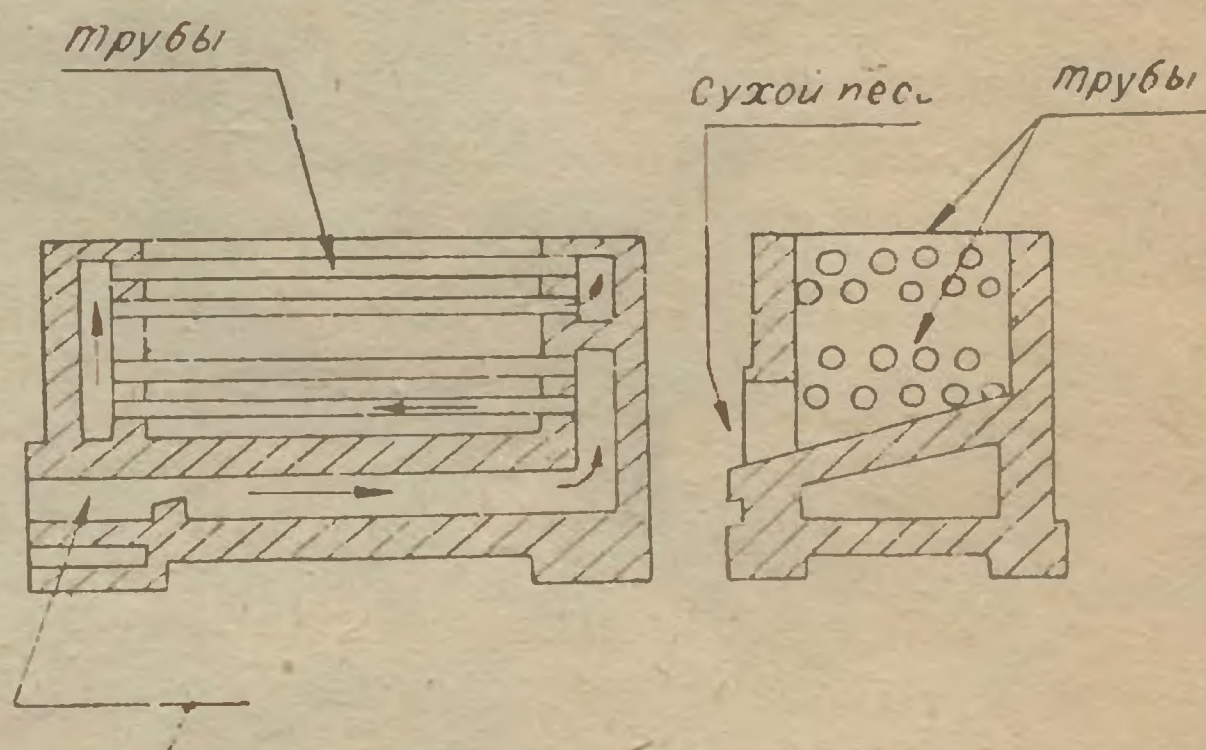
Печь „Бавария“ (фиг. 1).

Здесь песок лежит на печи, имеющей форму трубы. Для предохранения от перегорания железной трубы она выложена внутри кирпичем, кроме того эта футеровка не дает возможности песку перекаливаться. По мере сушки песок высыпается через отверстия внизу печи. Недостатки этой печи те же, что и предыдущей. Стремление сушить песок тонким слоем вызвало появление печей с жаровыми трубами (фиг. 2).



Фиг. 2. Печь с жаровыми трубами.

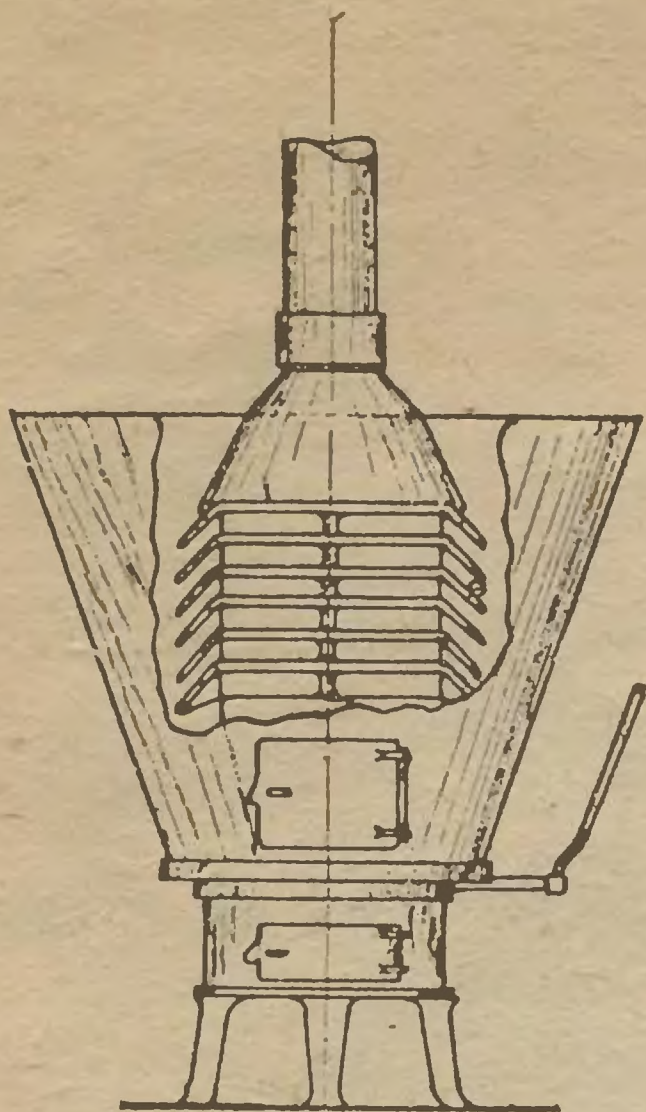
Устроены они наподобие паровозного котла, а именно: топка соединена с дымовой коробкой рядом труб (до 20 штук). Трубы нагреваются, а сырой песок, насыпанный сверху на трубы, по мере высыхания проваливается вниз, где он и собирается (фиг. 3). Подобные устройства встречаются на Екатеринбургской, Самаро-Златоустовской, Московско-Бел.-Балтийской и Северо-Кавказской железных дорогах. Недостатками их являются быстрый износ труб и неравномерная сушка песка, так как часть сырого песка все же проваливается между трубами. Подобная конструкция, как паллиативная, тоже не может быть рекомендована.



Фиг. 3. Печь с дымогарными трубами.



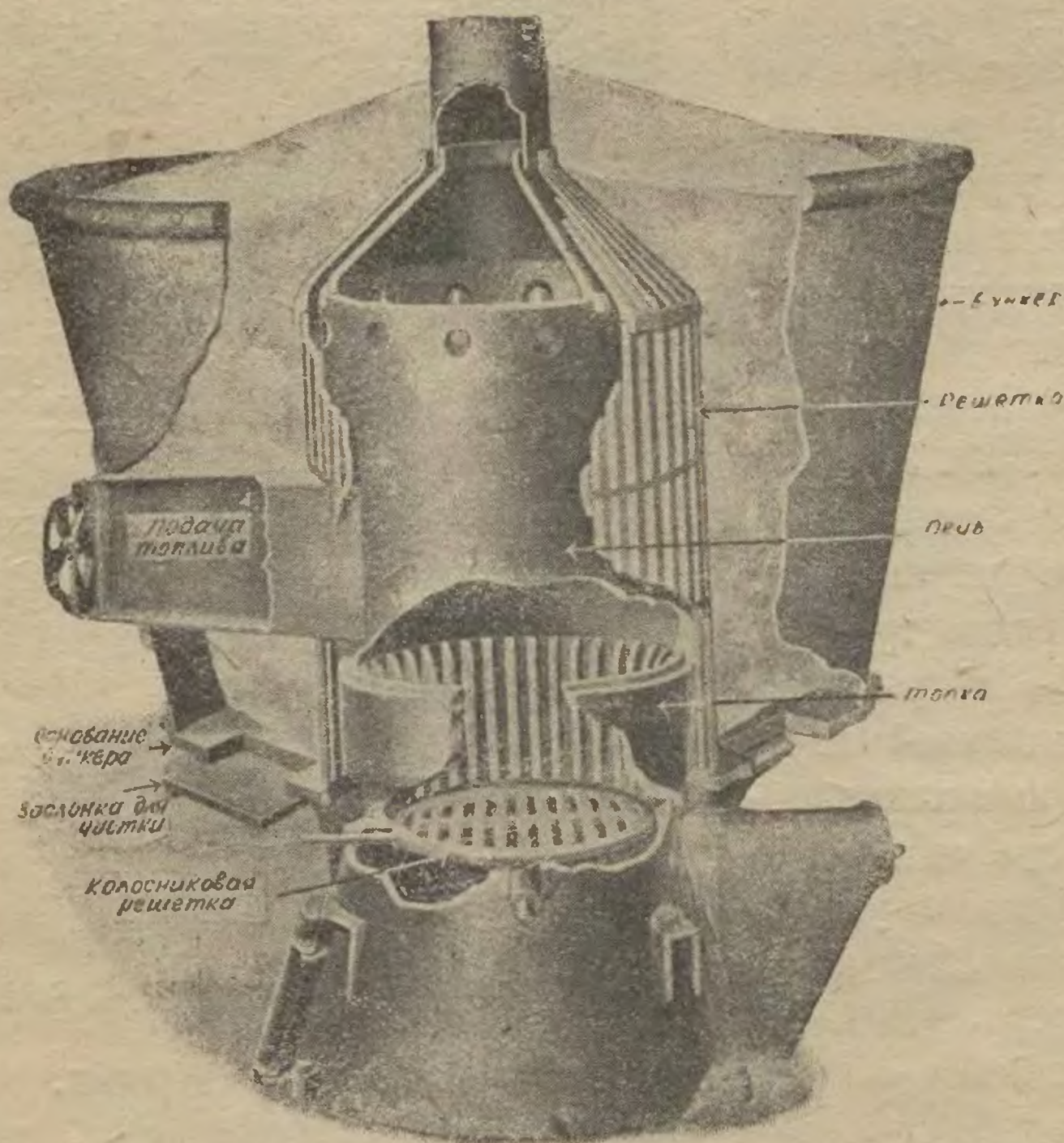
Остановимся, наконец, на наиболее усовершенствованной печи первой разновидности, на так называемой печи „Парфэкшон“ (фиг. 4 и 5). Печь состоит



Фиг. 4. Печь „Парфэкшон“.



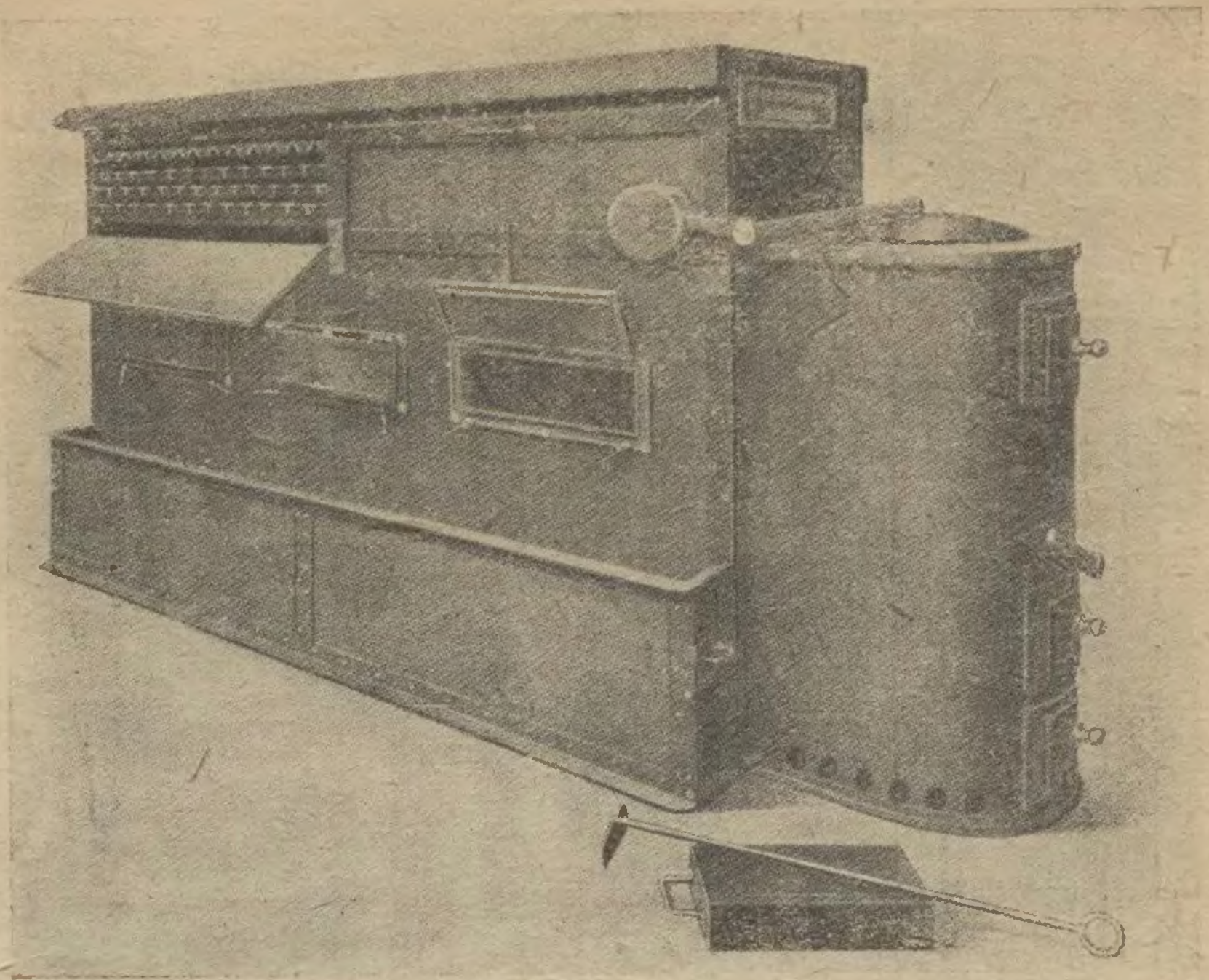
Фиг. 5. Печь „Парфэкшон“.



Фиг. 6. Печь „Вилоко“.



из шести чугунных конусов, надетых один на другой, со свободными между ними щелями, служащими для вытягивания паров воды из высушиваемого песка. Чугунная печь окружается железным конусом. В это пространство сверху насыпается сырой песок. По мере высушивания он высыпается через отверстия внизу конуса. Таким образом печь работает непрерывно, давая большую производительность (до 12 т сухого песка в сутки). Однако, по отзывам Забайкальской дороги, где подобные устройства применяются, часто приходится менять самые чугунные печи, так как они прогорают, и расход на это достигает до 250 руб. в год на печку.



Фиг. 7. Печь „де-Лимона“.

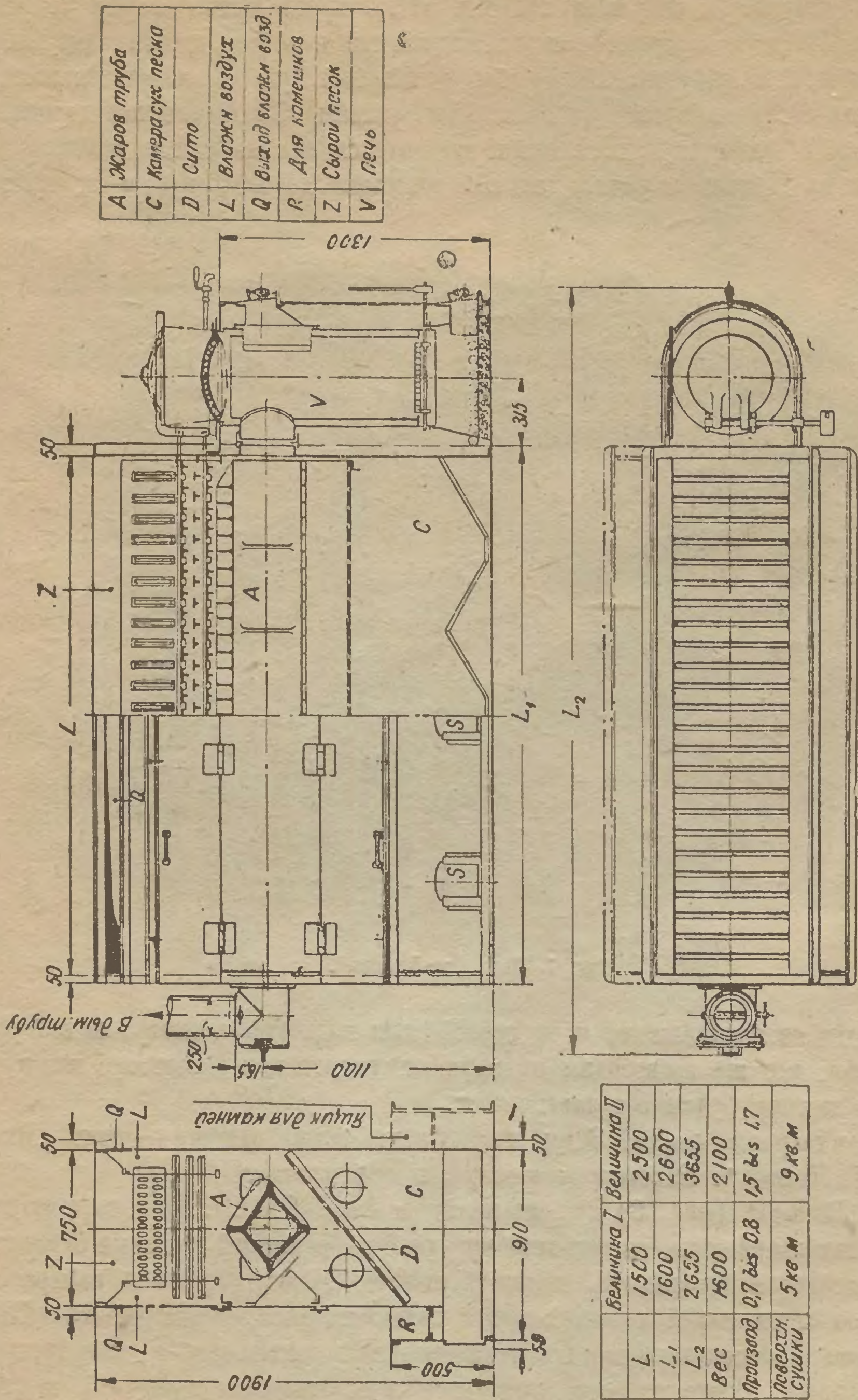
Как видно из изложенного, печи первой разновидности, несмотря на все усовершенствования, все же несвободны от крупных недостатков, поэтому мы в дальнейшем на них не будем останавливаться.

Печи второго рода. Здесь имеются две разновидности — печь „Вилоко“ и печь „Де-Лимона“. Рассмотрим каждую в отдельности.

Печь „Вилоко“ (фиг. 6) широко применяется в САСШ. Она состоит из чугунной вертикальной печи, окруженной чугунной же решеткой с узкими отверстиями. Печь помещается в конической железной камере. Между стенками камеры и решеткой насыпается сырой песок, который залепляет отверстия в решетке. По мере сушки, песок просыпается через эти отверстия и высыпается к основанию печи, где и собирается. Влага от песка выводится через отверстия в верхней части печи. Так как песок здесь не соприкасается непосредственно с нагреваемой поверхностью, то последняя не перегорает и служит долго. Самая же сушка идет горячим воздухом, циркулирующим между печкой и решеткой. Печь эта, как видно, является печью непрерывного действия и в силу этого тратит топливо экономно. Несложность



конструкции и деталей позволяет изготовить ее домашним образом. Печь, изображенная на рисунке, имеет объем песочного пространства 2,5 куб. м, суточная



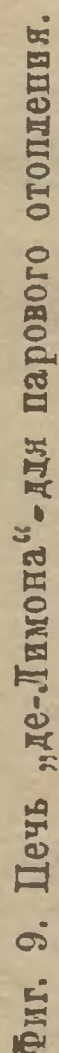
Фиг. 8. Печь „де-Тимона“ для угольного отопления.

	величина I	величина II
L	1500	2500
L <sub>1</sub>	1600	2600
L <sub>2</sub>	2655	3655
Вес	1600	2100
Производ.	0,7 кв. м	1,5 кв. м
Поверхн. суши	5 кв. м	9 кв. м

производительность ее около 4 — 5 т. Габаритные размеры ее: диаметр кожуха (наибольший) 1,45 м, высота 1,75 м. В СССР имеются разновидности этой печи (на Московско-Бел.-Балтийской ж. д. и на Московско-Курской).



в шахмат. Вся эта система помещается в железный ящик. Сырой песок, расположенный на прутьях, подсыхает (причем влага по особой трубке уносится в дымовую трубу), проваливается, попадает в струи горячего воздуха, где окончательно высушивается и выпадает сухим на дно устройства, откуда может быть взят. Над т-образными прутьями установлены коробки (М) из железных листов



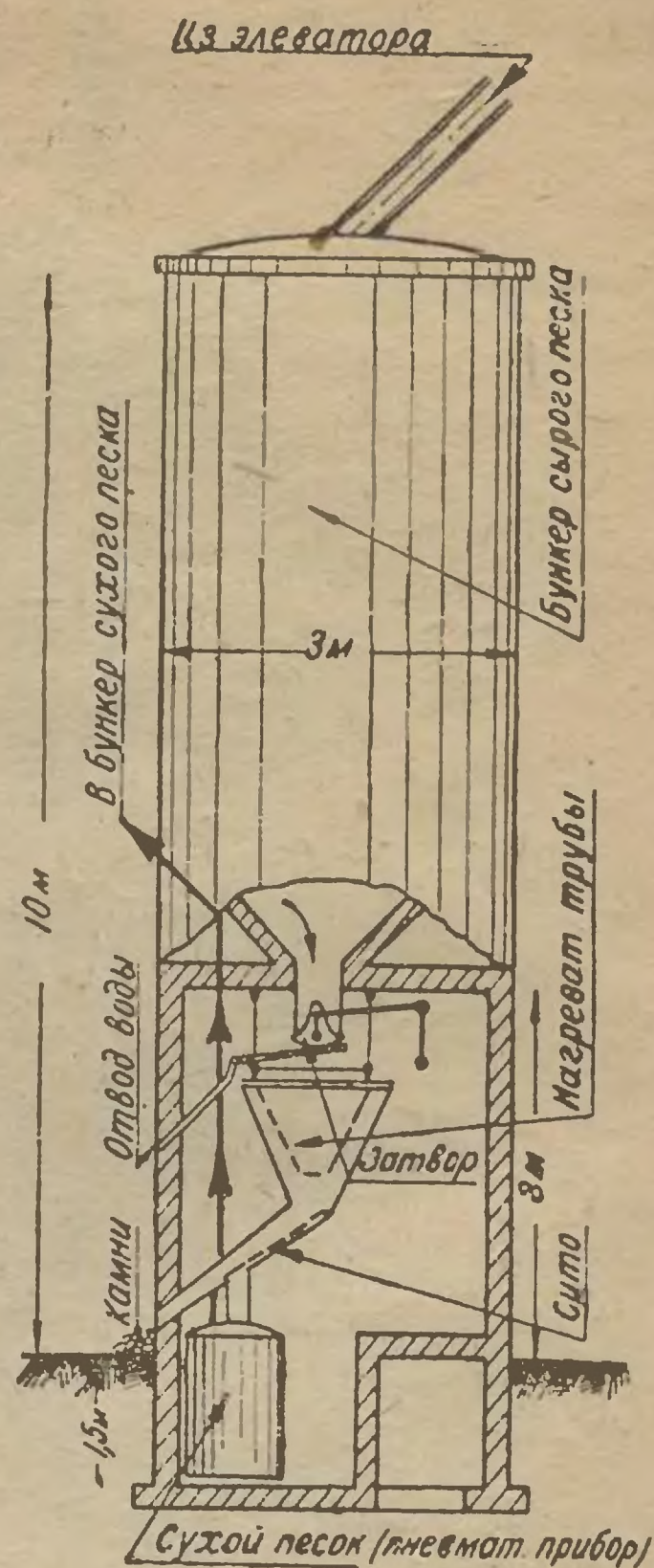


с прямоугольными отверстиями; эти коробки образуют зону предварительной сушки. Испаряемая влага уходит через отверстия в коробках, а из коробок — на воздух. Габаритные размеры этих печей указаны на чертеже. Производительность в зависимости от размера, от  $1\frac{1}{2}$  до  $2\frac{3}{4}$  т сухого песка в сутки. На дорогах СССР подобных печей пока еще не употребляют. Есть разновидность их — печи Кошелькова.

Эти печи имеют одно крупное преимущество — возможность работы не только на любом виде топлива, но и использовать для сушки пар от парового отопления. Использование пара для сушки песка применяется и у нас на некоторых дорогах, например на Самаро-Златоустовской. В печи „Де-Лимона“ при приспособлении ее к сушке паром труба заменяется ребристыми трубами парового отопления (фиг. 9). Опасения, что летом эта система не будет работать (нет отопления) напрасны, так как в основных депо теперь устраиваются горячие



Фиг. 10. Батареи для сушки песка паром.



Фиг. 11.

промывки с котлами для заправки паровозов и, следовательно, пар может быть подведен к сушилке в любое время года. Применение же пара для сушки песка дает большие преимущества как в смысле обслуживания, так и в пожарном отношении.

Подобная система сушки в САСШ постепенно вытесняет сушку огнем. Ниже мы приводим фотографию такой батареи на 10 т сухого песка (фиг. 10) в сутки и ее установку (чертеж, фиг. 11). Другим преимуществом печи „Де-Лимона“ перед печью „Вилоко“ является компактность размеров, особенно сказывающаяся при установке в одном месте двух печей. На наш взгляд, в каждом устройстве надо ставить две печи, ибо это гарантирует бесперебойную работу, подобно тому, как сделано в железнодорожном водоснабжении. А раз это так и то преимущество печей „Де-Лимона“ перед печами „Вилоко“ станет совершенно ясным. На них мы и остановимся.



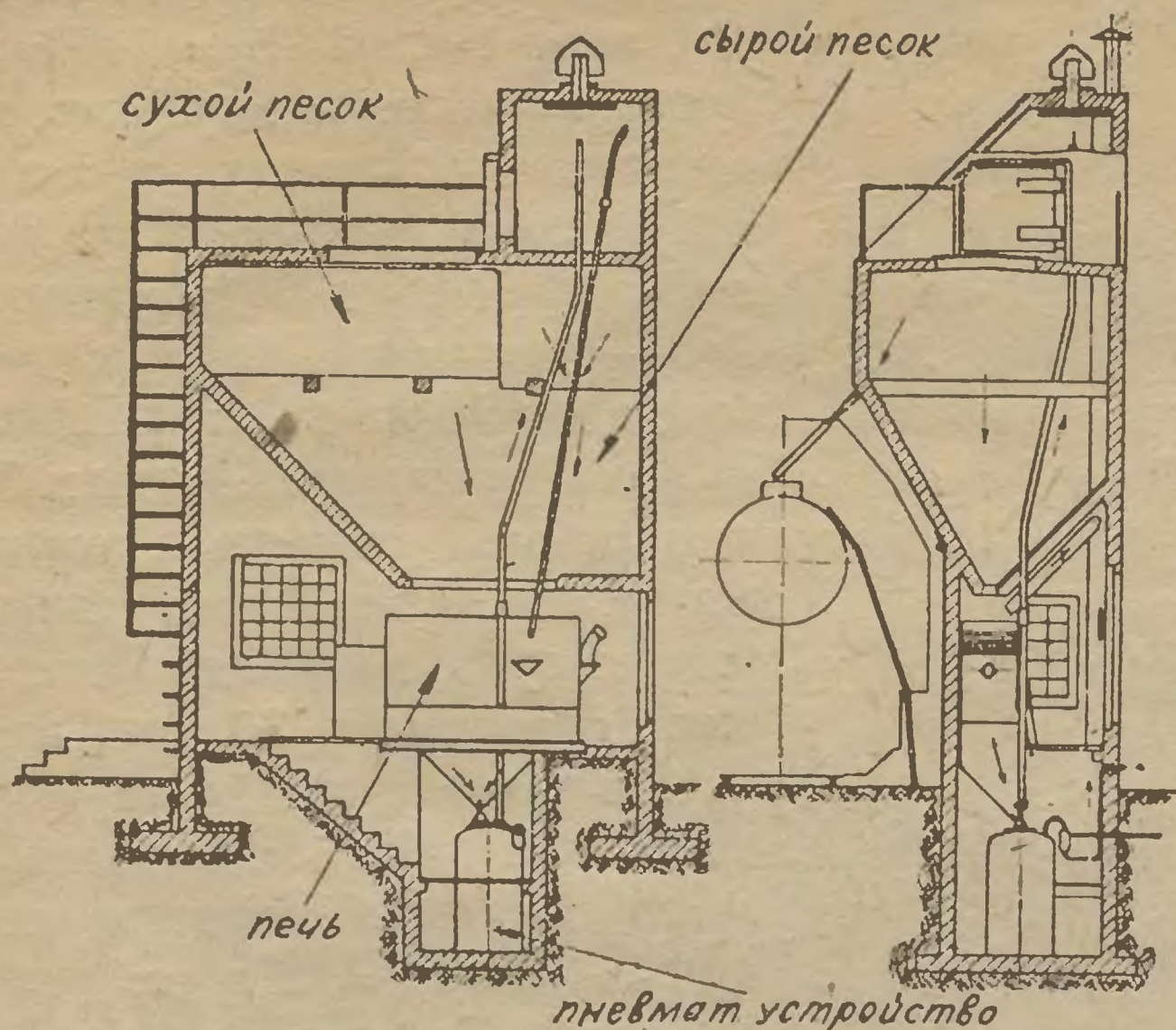
**Устройства для подачи песка.** В этой главе я коснусь лишь выбора устройств для подачи сухого песка. Самым дешевым по оборудованию будет подача

руками, но так как отверстия (приемные) у песочниц бывают сравнительно небольшого диаметра, то подачу песка можно производить только обыкновенными ведрами (емкостью 17—18 кг). Это обстоятельство сильно замедляет всю операцию (20 — 30 мин.), задерживая паровоз под снабжение.

Перейду теперь к механизированной подаче. Устройства эти можно разбить на две основные группы:

1 — подача сжатым воздухом,

2 — подача помощью грейфера или нории.



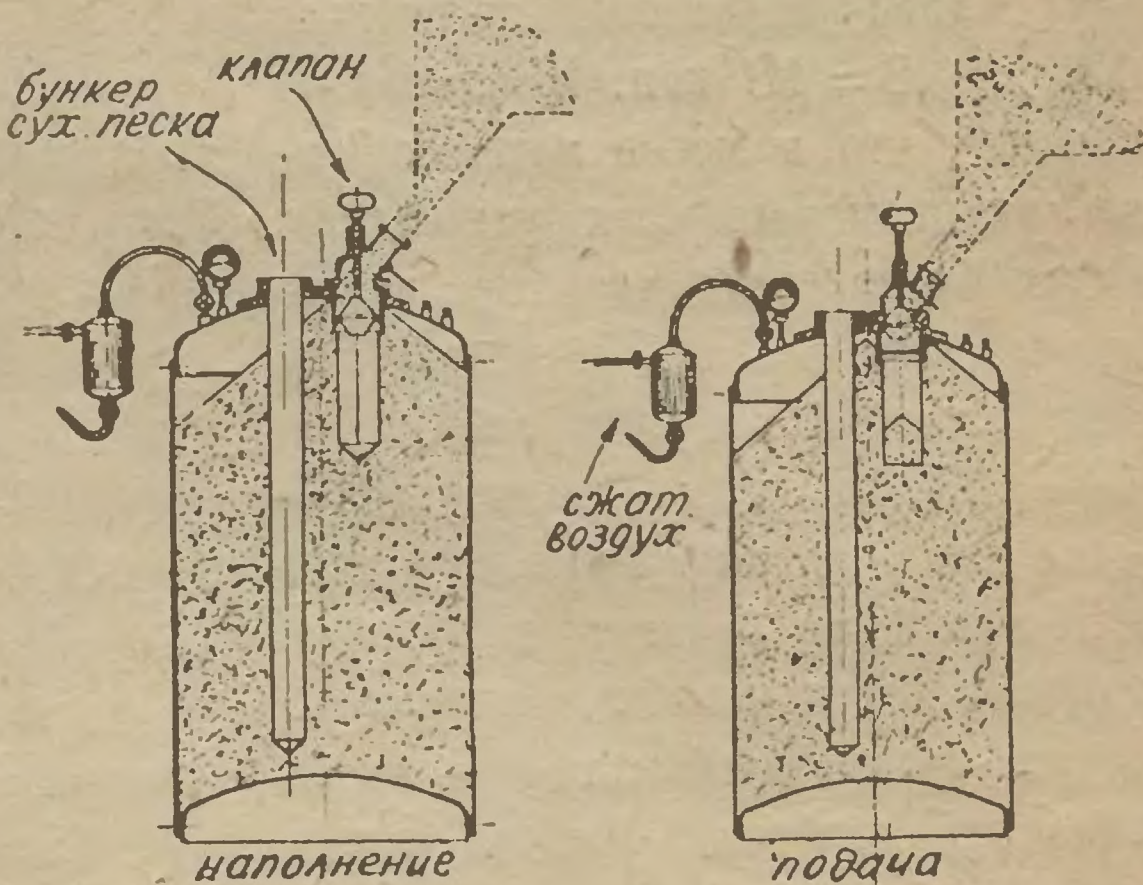
Фиг. 12. Устройство для пневматической подачи песка.

Первую из них можно назвать пневматической, а вторую механической системой.

Разберем пневматическую систему (фиг. 12). Песок, просушенный печью, попадает самотеком в железный резервуар. Когда последний заполнится, то песочную трубу за-

крывают и пускают в этот резервуар сжатый воздух давлением в 2-3 атмосферы (фиг. 13). Воздух вытягивает сухой песок из резервуара по третьей трубе и гонит его либо прямо в песочницу паровоза, либо в бункер сухого песка, из которого песок самотеком попадает в паровозные песочницы. Достоинства подобного устройства — это отсутствие каких либо движущихся частей и сравнительная дешевизна сооружения. Недостаток же — большой расход воздуха на подачу. Последнее обстоятельство повлекло к тому,

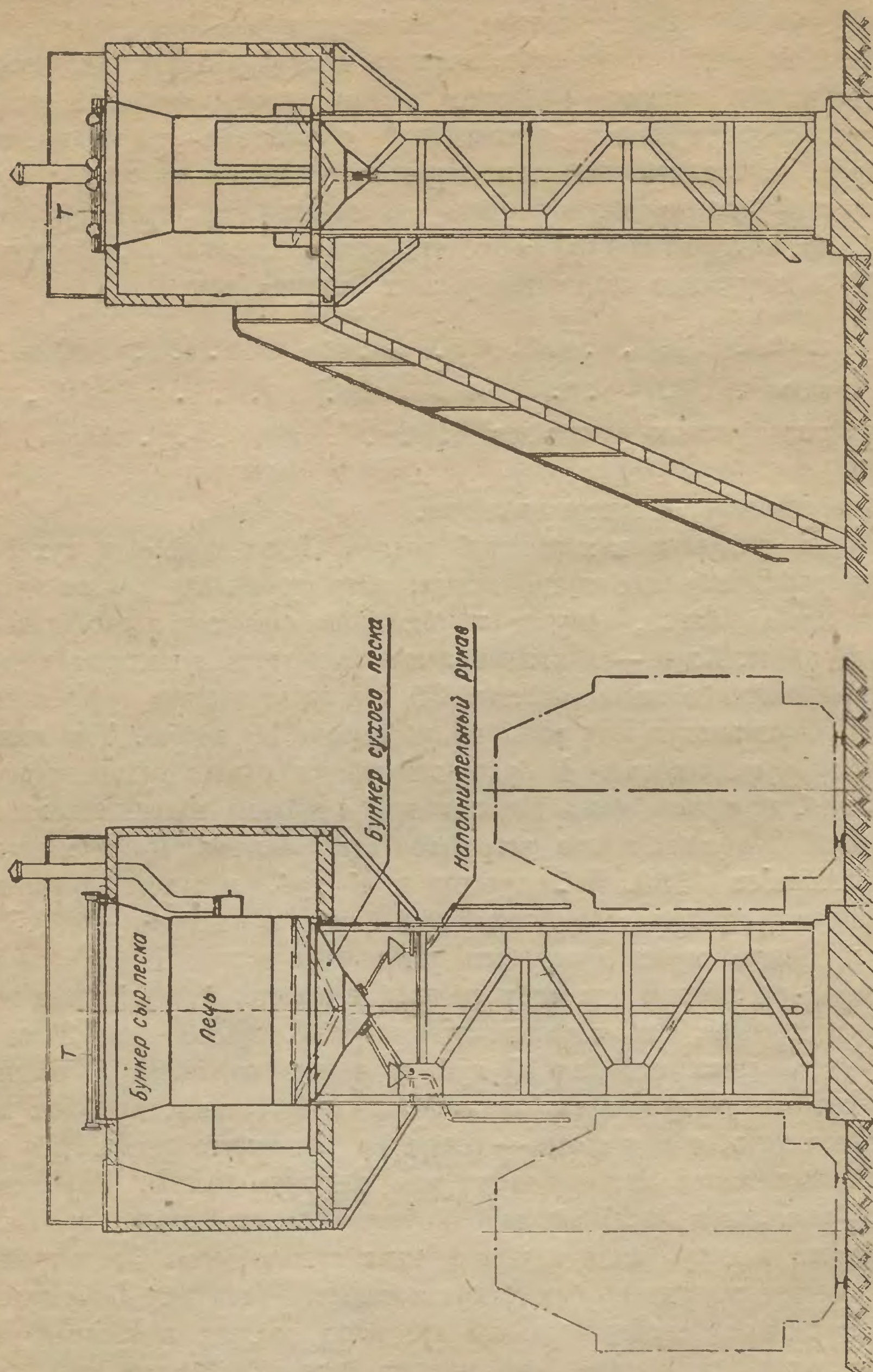
что на германских железных дорогах, где первоначально широко применялся этот способ, от него отказались и перешли к механическому (Organ 1930 № 15). Так как в литературе совершенно отсутствуют указания на количество расходуемого воздуха при этом способе,



Фиг. 13. Прибор для подачи сухого песка сжатым воздухом.



(фиг. 17), то этот недостаток отпадает. При таком расположении грейфер обеспечен нагрузкой (фиг. 17) на всю смену.

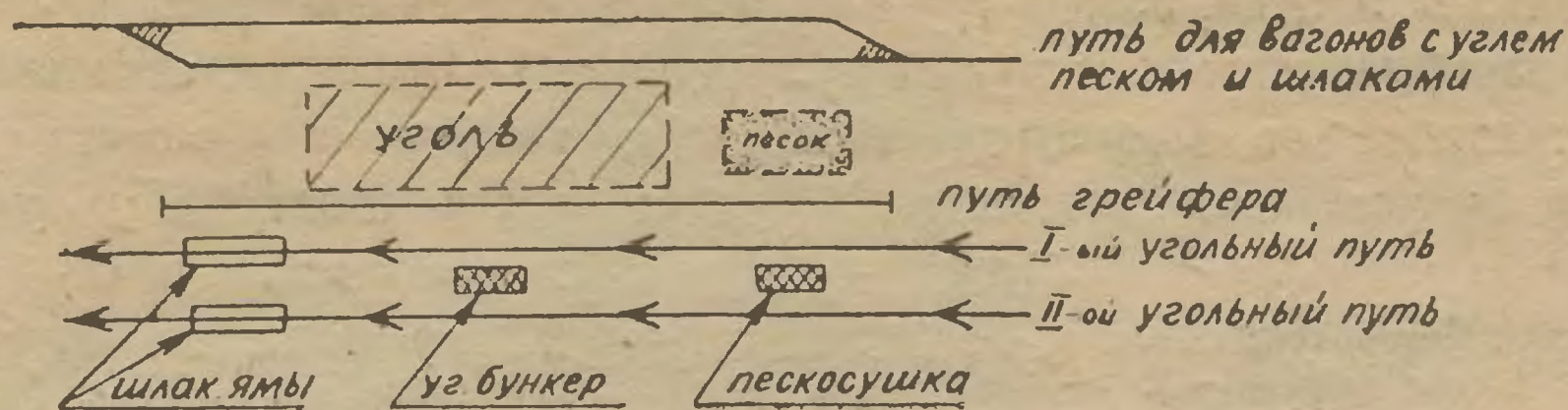


Фиг. 16. Подача песка самотеком.

При другой схеме путей для подачи сырого песка потребуется нория, которая легко может быть пристроена к упомянутой выше башне. Эти обстоятельства: 1) известный автоматизм в работе и 2) простота переделки для различного расположения тяговых путей, — заставляют нас остановиться на этой схеме пескоподачи

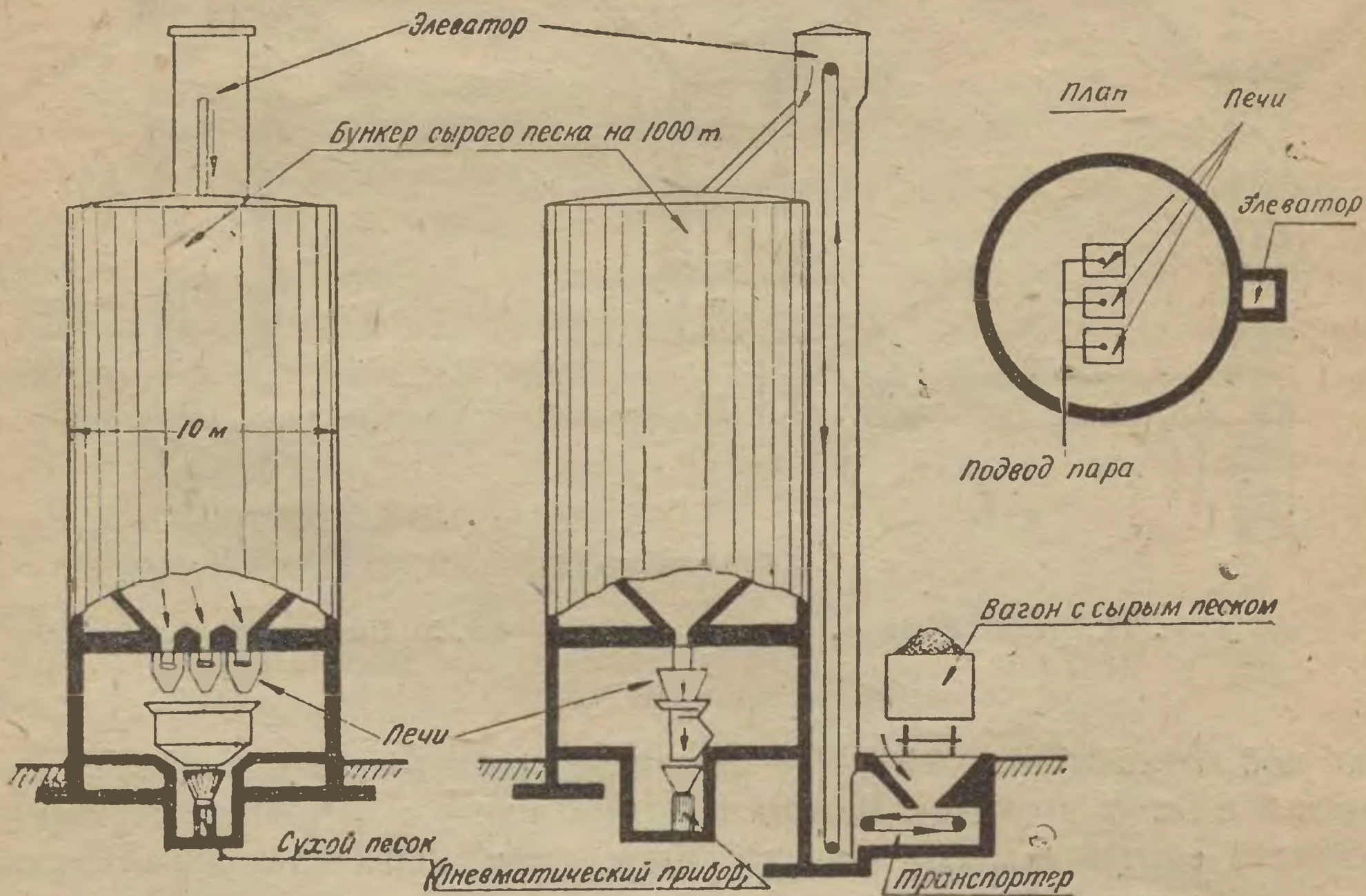


как на основной. В заключение приведу описание одной из самых мощных песочных установок, выполненной в САСШ (фиг. 18). Здесь сырой песок из полувагонов высыпается на ленточный транспортер, последний передает его на норию, которая поднимает его в бункер сырого песка вместимостью 1000 т. Через



Фиг. 17. Схема расположения экипировочных устройств.

3 паровые печи песок просыпается в пневматические резервуары, а оттуда подается в бункер сухого песка. Подобная установка, как применяемая лишь в единичных случаях, конечно, примером стандарта служить не может.



Фиг. 18. Устройство для хранения и подачи песка.

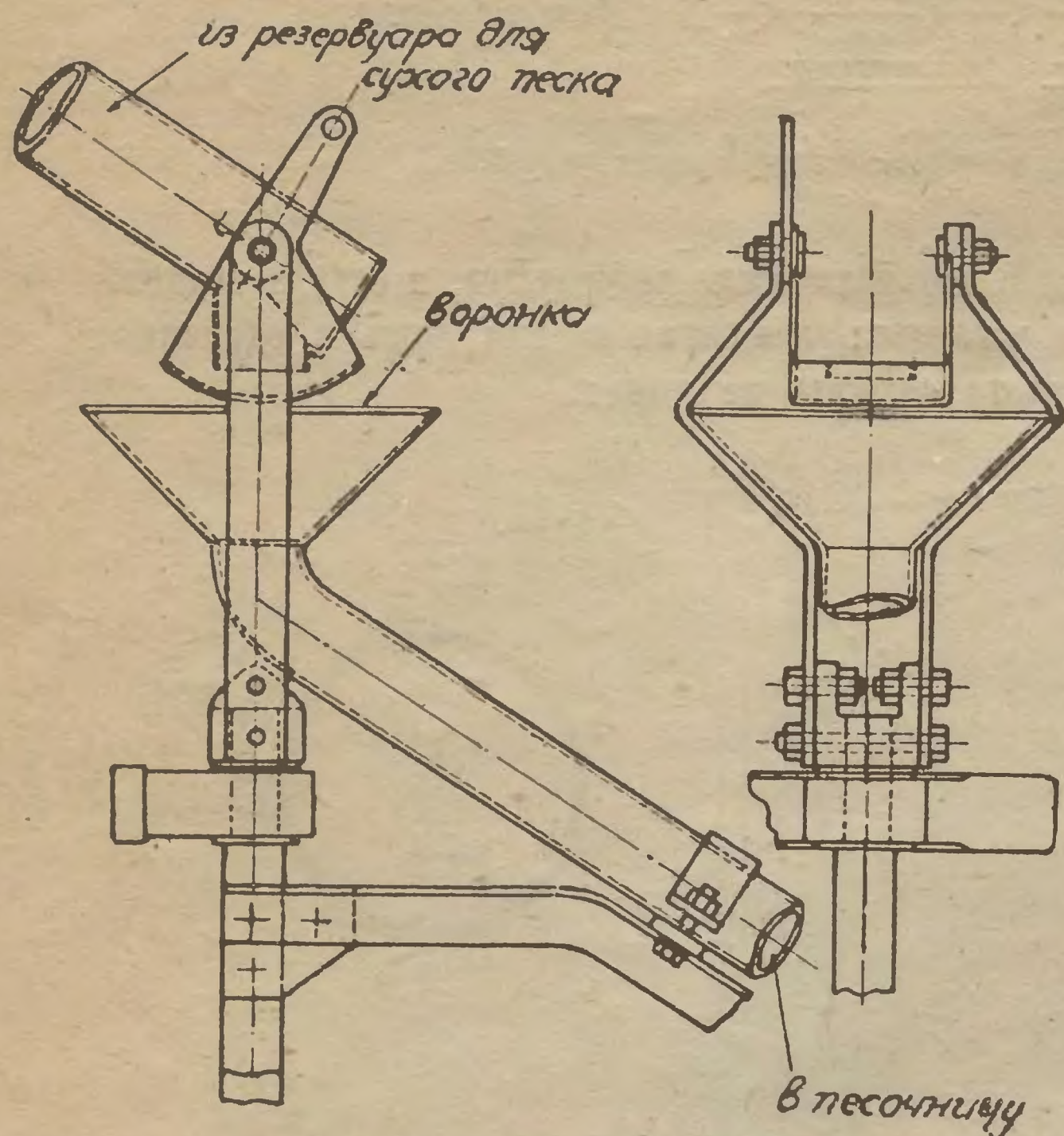
## ГЛАВА V

Рукава для насыпания песку на паровозы и затворы. Так как затвор резервуара сухого песка и рукав для насыпания песка на паровозы представляют одно из слабых мест устройства, то остановимся подробнее на главнейших существующих конструкциях и выберем одну из них для нашего случая. Самым простым устройством будет обыкновенная заслонка, выдвигая которую, мы тем самым

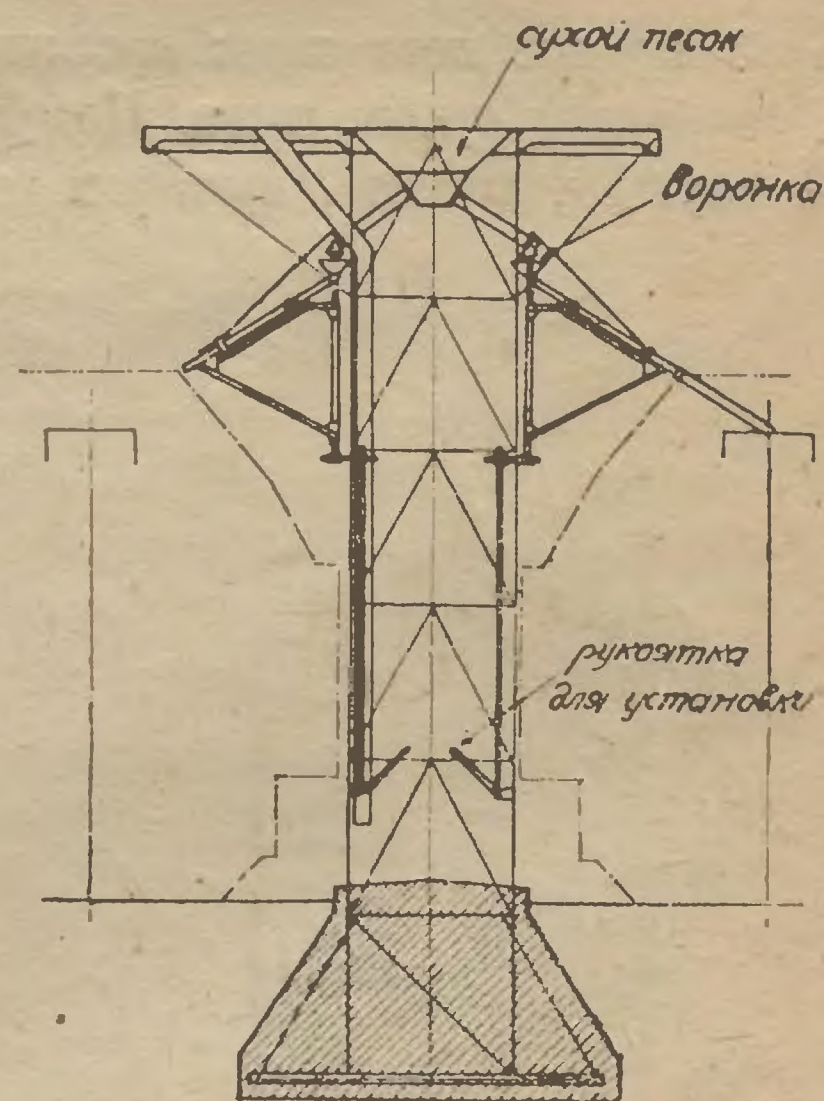


открываем выход сухому песку на паровоз. Эта конструкция отличается одним весьма важным недостатком. Трудно закрывать ее (так как заслонку может заесть) и кроме того приводить в действие заслонку на расстоянии неудобно, ибо потребовался бы весьма сложный передаточный механизм. Последнее требование необходимо для того, чтобы кочегар, наведя трубу из резервуара сухого песка на песочницу, мог, слезая с паровоза, открыть доступ песку в песочницу. Эти недостатки заставили не совсем отказаться от применения заслонок и перейти к секторным затворам, свободным от указанных недостатков. Затворы можно разделить на два класса:

1 — открытые и 2 — закрытые. В первом случае труба, идущая от резервуара сухого песка, оканчивается патрубком, закрываемым



Фиг. 19. Открытый затвор.

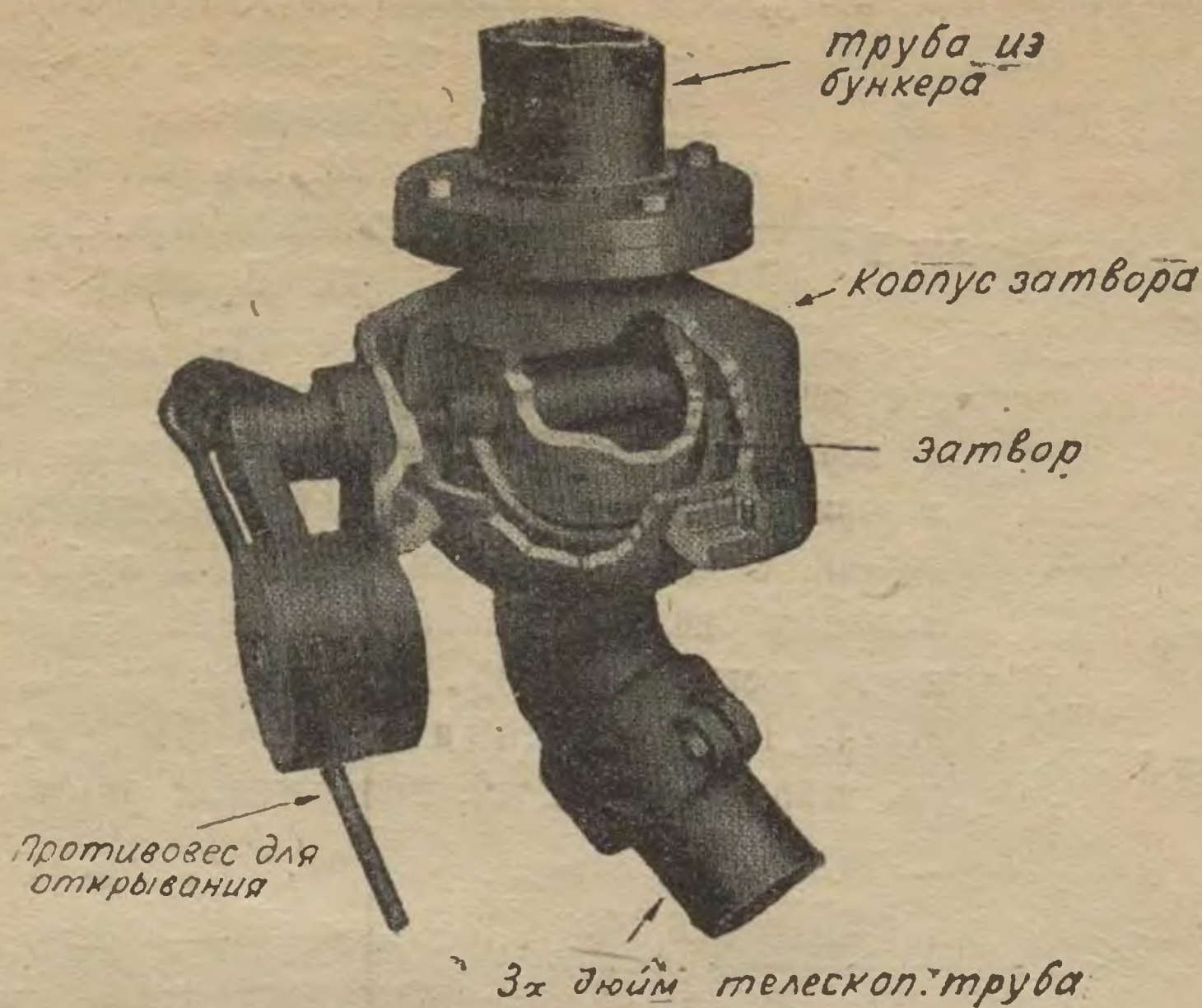


Фиг. 20. Наводные трубы с открытым затвором.

секторной задвижкой (фиг. 19). Под задвижкой расположена воронка трубы, подводящей песок в песочницу. Подводящая труба вместе с воронкой в нормальном положении стоит параллельно оси пути. Когда паровоз становится под снабжение, то эту трубу приводом с земли поворачивают на  $90^\circ$  с таким расчетом, чтобы ее конец стал под песочницей (фиг. 20), и затем веревкой открывают затвор. Удобство этой конструкции — легкость ремонта затвора и прочистки труб. Некоторым недостатком же является фиксированное положение конца насыпной трубы, требующее устройства дополнительной выдвижной трубы (чтобы можно было загружать песочницы паровозов разных серий). Однако, вся схема в целом настолько проста в обслуживании, что мы на ней и остановимся. Для иллюстрации приведем описание закрытых секторных затворов. Здесь затвор вставлен (фиг. 21) в трубку, и труба не отводится в сторону, а поднимается кверху (фиг. 22). В верхнем положении она удерживается противовесом. Затвор в закрытом состоянии также удерживается



противовесом. Преимущество такого устройства перед первым — это более быстрое наведение трубы, так как все операции производятся не слезая с паровоза. Однако,



Фиг. 21. Закрытый затвор.

наличие трудно доступного для осмотра и ремонта затвора (для этого надо разбирать трубу) заставляет нас отказаться от применения этого затвора в качестве типового.

Осветив таким образом все устройства, перейдем к составлению эскизного проекта.

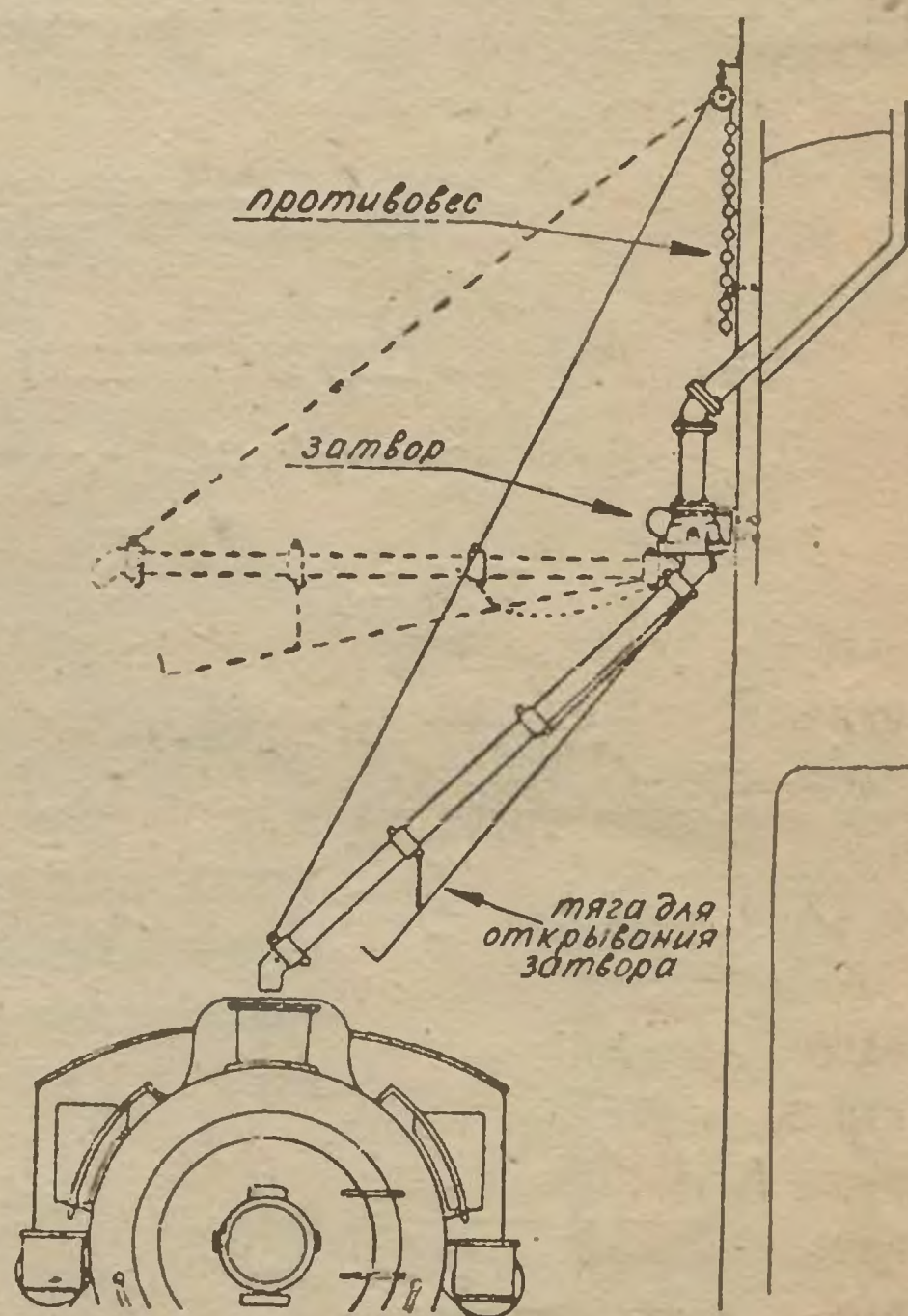
## Часть II

### Эскизный проект устройства

I. Итак, имеем суточный расход сухого песка 5 т ( $3\frac{1}{2}$  куб. м) 2 печи системы „Де-Лимона“ производительностью по  $2\frac{3}{4}$  т сухого песка в сутки и сушку паром. Подача сырого песка норией.

II. Определим геометрические размеры всех составных частей устройства. Начнем сверху.

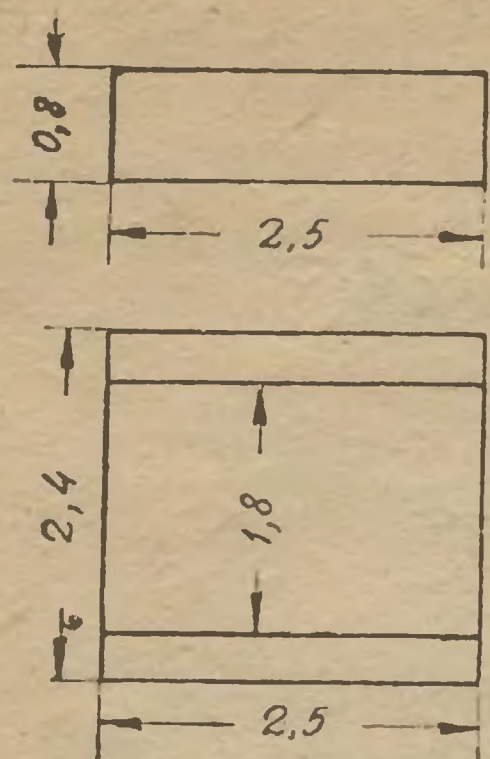
1. Бункер сырого песка (черт. 1). Опираем его непосредственно на печь, а верх закрываем задвижной



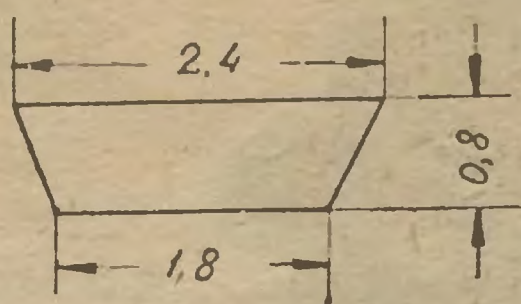
Фиг. 22. Отпускная труба с закрытым затвором.



крышкой; размеры его будут такие: объем  $2,5 \times \left( \frac{12,4 + 1,8}{2} \right) 0,8 = 4,2$  куб. м. Материал — доски толщиной 2". Нижнее основание  $(2,5 \times 1,8)$  определяется из тех условий, что бункер ставится на две печи.



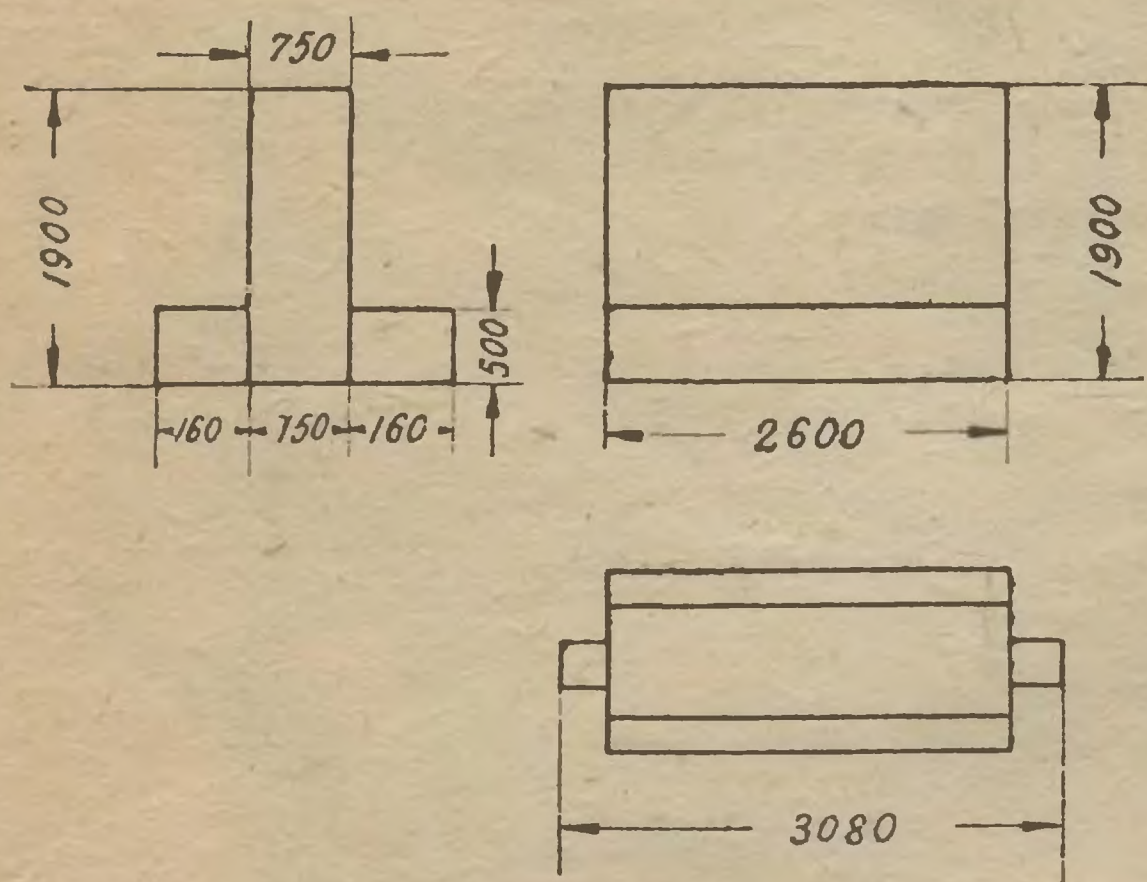
Черт. 1.



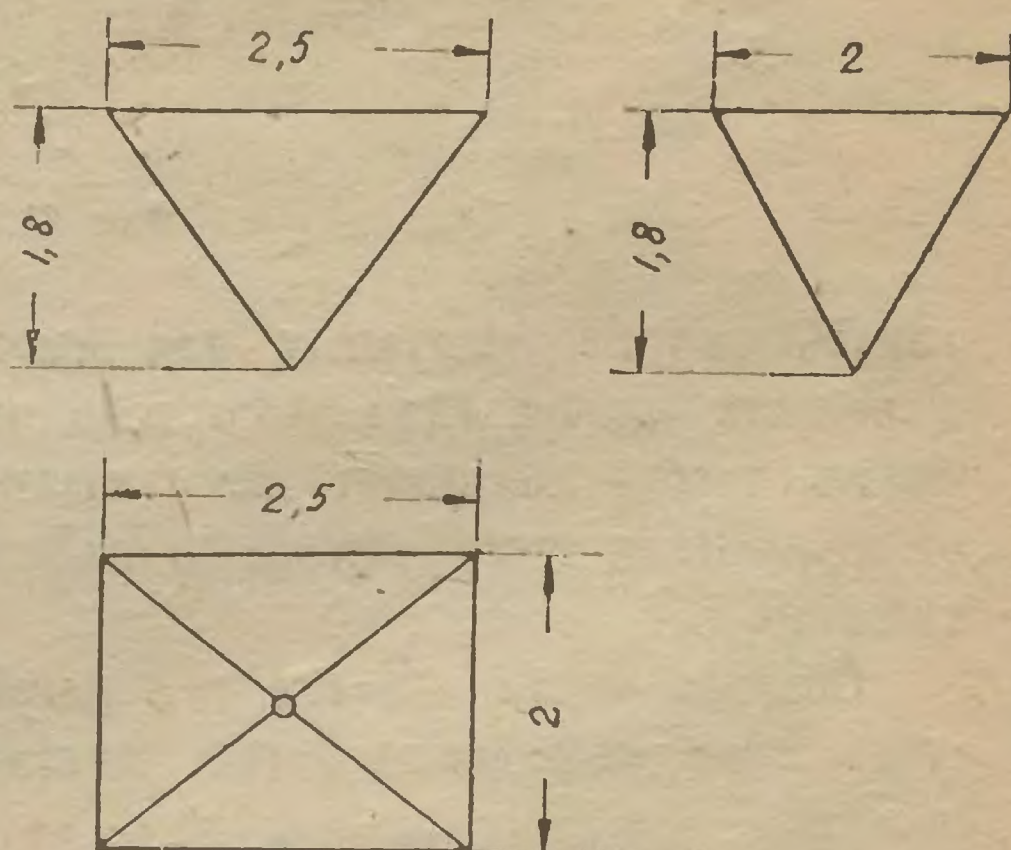
2. Печи (размеры взяты из каталога) (черт. 2).

3. Бункер сухого песка (черт. 3). Подвешиваем его под печами, форму ему придаем опрокинутой пирамиды, в вершину которой вставлены песковыводящие трубы, а размер основания определяется площадью, занимаемой печами. Объем принимаем равным 3 куб. м, дабы не создавать подпора песка в печи. Материал — двухдюймовые доски. Объем  $\frac{1}{3} \cdot 2,5 \times 2 \times 1,8 = 3$  куб. м.

4. Песковыводящие трубы (черт. 4). Так как ширина двух печей, поставленных рядом, будет около



Черт. 2.



Черт. 3.

2 м, то, очевидно, и ширина башни определится также этой величиной. Песковыводящая труба идет от бункера сухого песка и заканчивается у колонны башни секторным затвором, под которым расположена поворачивающаяся воронка песконасыпной трубы. Давая трубе уклон в  $30^\circ$ , мы получим расстояние (вертикальное) от низа бункера сухого песка до затвора = 0,5 м.

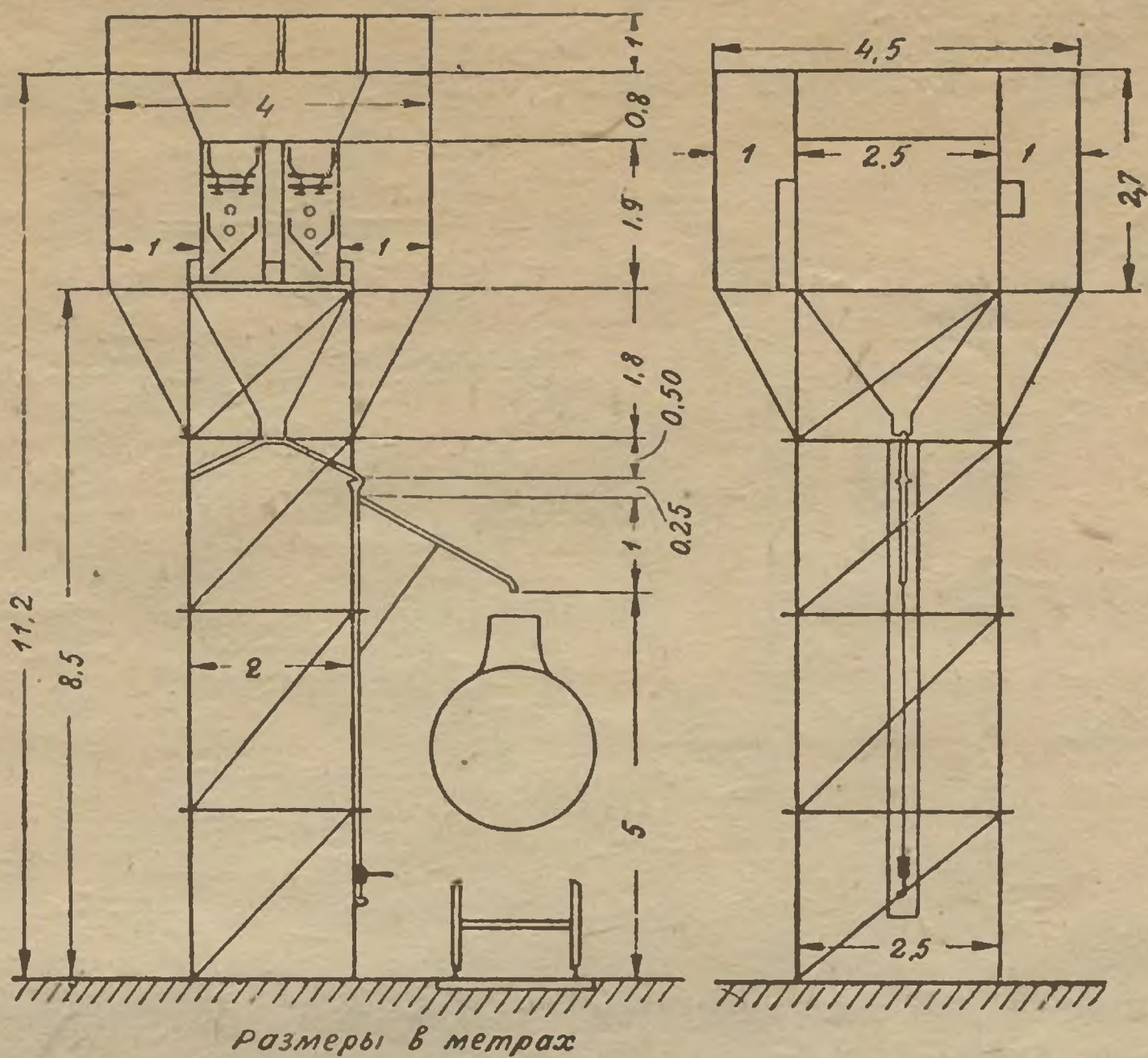


Черт. 4.

5. Воронка и песконасыпные трубы. Высота воронки 0,25 м. Так как башня деревянная, то она должна быть удалена от оси пути на 2,50 м (см. нормальный габарит), что при наклоне трубы в  $30^\circ$  дает по высоте 1 м низ трубы под головкой рельс 5 м (песочницы паровозов серии „Э“ и „СУ“).



Резюмируя все изложенное выше, получаем следующую схему (черт. 5).



Черт. 5.

III. Прикинем всю эту деревянную конструкцию в отношении прочности и устойчивости. Для этого установим нагрузки на сооружение, они будут слагаться из следующих величин:

1) сырой песок . . . . .	6 т
2) сухой песок . . . . .	3 „
3) 2 печи . . . . .	3 „
4) собственный вес будки . . . . .	1 „
5) собственный вес колонн . . . . .	4 „
6) толпа по 0,3 т × 12 кв. м . . . . .	3 „
(площадь площадки у печей 12 кв. м)	

Итого . . . 20 т

Перегруз от ветра (черт. 6)  $0,15 \times (4,5 \times 2,8) = 2 т$   $\frac{1}{2} \cdot \frac{2 \times 10}{2} = 5 т.$

Полная нагрузка на одну колонну = 5 + 5 = 10 т.

Возьмем для колонн пятивершковые бревна (23 — 25 см диаметром), разделим на 4 панели по 2,1 м.

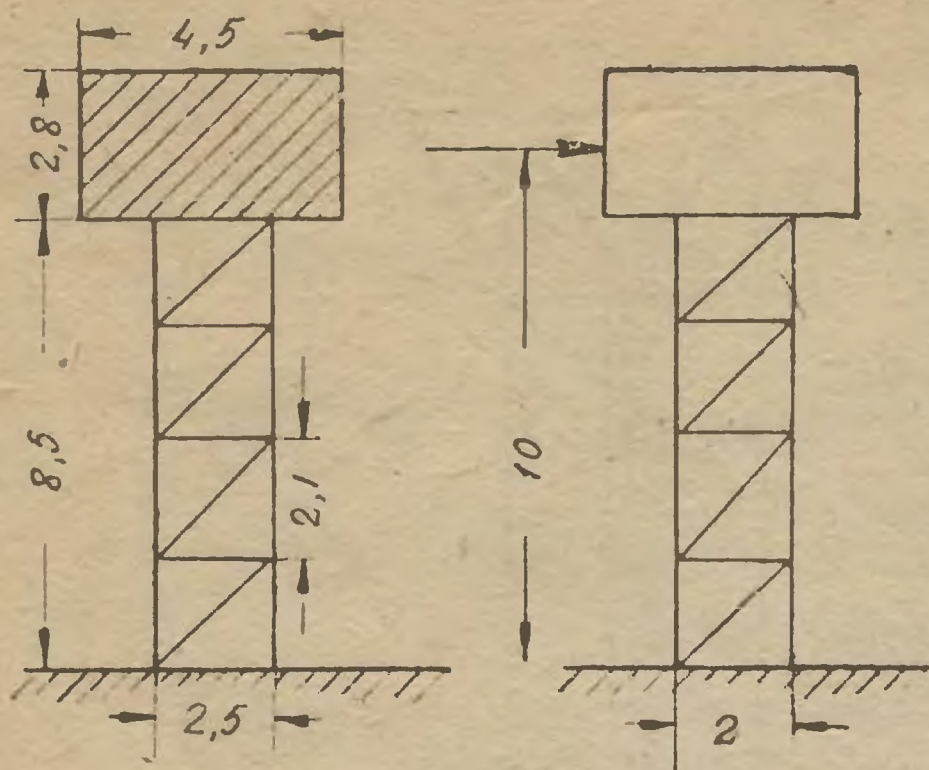
Напряжение  $\frac{10.000}{500} = 20 кг на кв. см < 100 кг на кв. см.$

Проверим на продольный изгиб  $\frac{1}{d} = \frac{210}{25} \approx 8$  соответствующее  $\varphi = 0,7$  (из таблиц), т. е. окончательное напряжение  $\frac{20}{0,7} = 30 кг/см^2 < 100 кг/см^2$ . Но даль-



нейшее уменьшение леса по конструктивным соображениям нецелесообразно, поэтому остановимся на этих размерах.

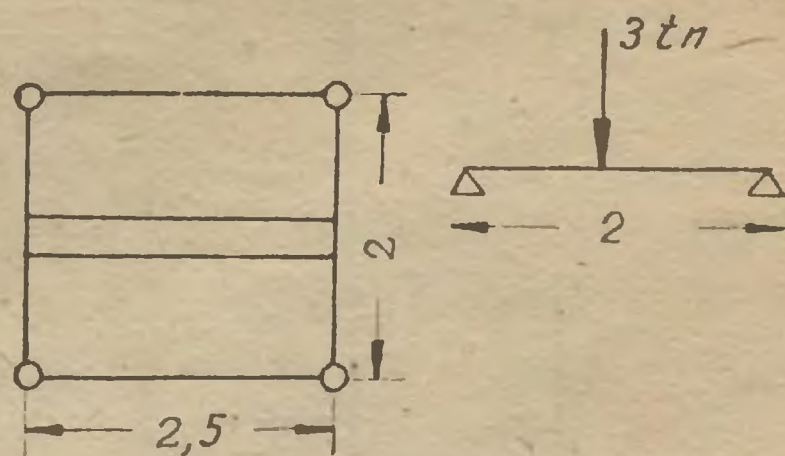
Перейдем теперь к верхней обвязке, на которой покоятся печи и бункеры (черт. 7).



Черт. 6.

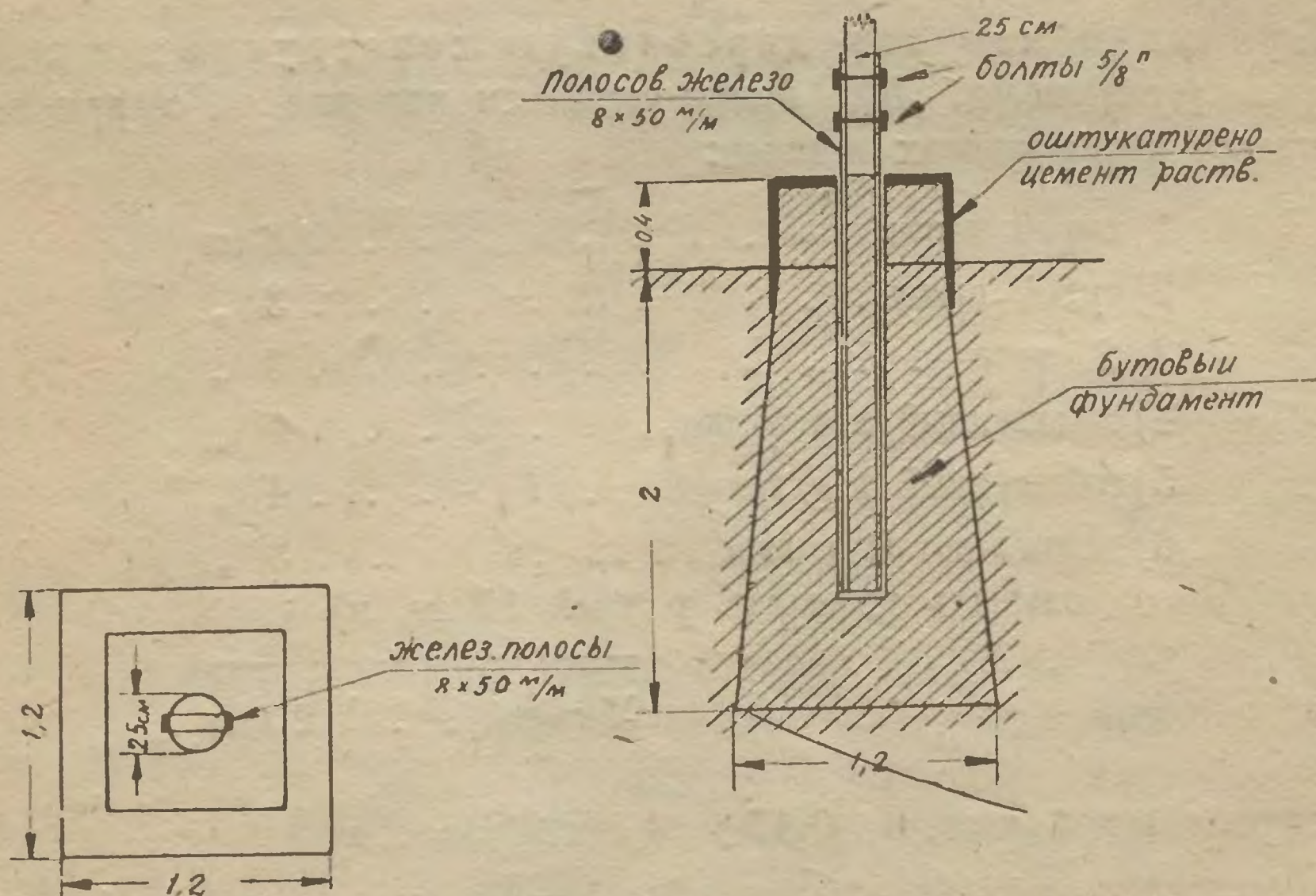
$$M = \frac{3.000 \times 200}{4} = 150.000 \text{ кг см.}$$

$$M = \sigma W; \quad W = \frac{W}{\sigma} = \frac{15.000}{6} = 2.500 \text{ cm}^3.$$



Черт. 7.

т. е. бревно надо в 30 см диаметром (6 вершков). Перейдем к основанию (черт. 8), берем бутовый фундамент, в него закладываем железную полосу

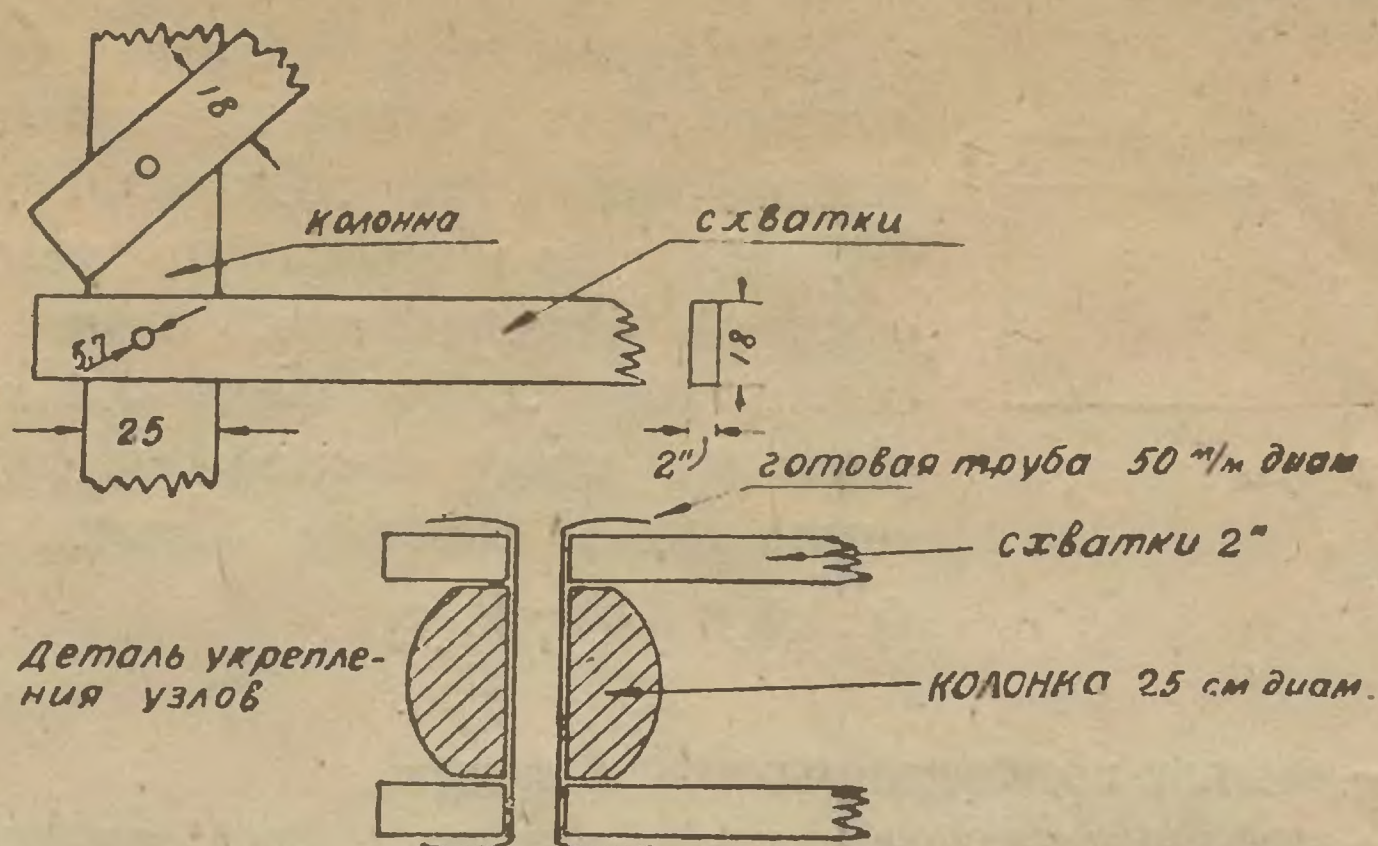


Черт. 8.

8 × 50 мм, которую прикрепляем к колоннам  $\frac{5}{8}$ " болтами; такая конструкция необходима для того, чтобы предохранить колонны от выдергивания. Давление на грунт. Нагрузка на колонну 10 т. Вес фундамента 5 т, площадь основания  $1,2 \times 1,2 = 1,4$  кв. м.  $\frac{15}{1,4} = 1,1$  т/м что допустимо.

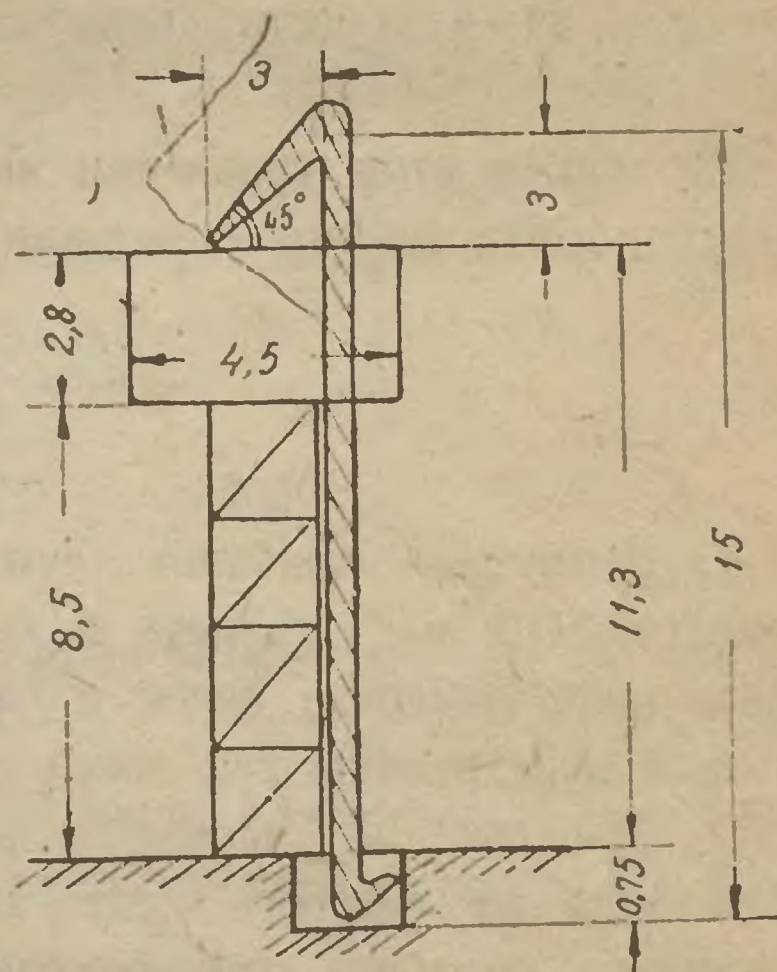


Поперечные схватки и раскосы их укрепление (черт. 9), размеры в см.



Черт. 9.

IV Определим главные размеры элеватора. В данном случае производительность элеватора будет небольшая, поэтому всю норию устроим в той же (черт. 10) башне. Для определения возвышения верхнего барабана нории над крышей бункера сырого песка, примем во внимание коэффициент трения песка, по шероховатой доске, так как последний должен самотеком поступать с верхнего барабана в бункер. Коэффициент этот  $= 0,58$ , что соответствует углу в  $30^\circ$ , для надежности примем  $45^\circ$ , отсюда верхний барабан надо будет поднять на 3 м. Так как сырой песок будет подвозиться из склада на вагонетках, то для удобства загрузки нории спустим ее на 0,75 м в яму. Отсюда полная высота нории 15 м. Производительность ее определим из того условия, чтобы рабочий, обслуживающий все устройство в одну смену, присутствовал при полной загрузке бункера. Приняв 7 часовый день и отбросив 3 часа на различные подсобные работы (подвоз песка, осмотр печи, уборка помещения и т. д.), мы в оставшиеся 4 часа должны будем подать 6 т песка (полный объем бункера). Отсюда часовая производительность  $6 : 4 = 1,5$  т в час. Установив главные размеры устройства, перейдем к выбору конструкции.

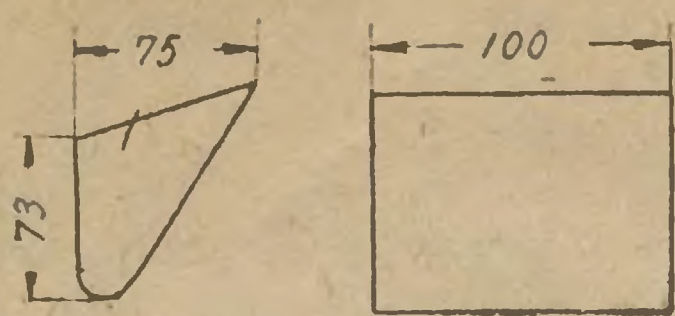


Черт. 10.

1. Тяговый орган. Наиболее легкой и удобной будет лента, ибо она изнашивается меньше, чем цепь, имеет спокойный ход и втягивание ее не имеет значения для работы элеватора. Кроме того сопротивление черпанию здесь очень небольшое. Ленту берем хлопчато-бумажную, пропитанную, толщиной 5 мм. Погонный метр подобной ленты, при ширине в 100 мм, весит 1 кг.



2. Скорость движения примем малую 0,5 м/сек. что для песка допустимо, так как при этой скорости зачерпывание материала будет происходить, наиболее хорошо (Козмин „Элеваторы“, стр. 267).



размеры в мм

Черт. 11.

3. Черпаки (черт 11). Ввиду небольшой производительности и мелкости материала берем наименьшие ковши по таблице Jeffrey (Козмин, стр. 259) из штампованного железа 1,6 мм толщиной. Размеры такого ковша (см. схему) емкость 0,34 л. Вес ковша 0,3 кг. Определим расстояние между ковшами по формуле производительности элеватора (Козмин, стр. 267).

$$Q = 3,6 \psi \frac{i}{a} \gamma V, \text{ где}$$

$Q$  — часовая производительность, в тоннах,

$\psi$  — коэффициент наполнения его берем из условий зачерпывания из закрытого башмака при скорости 0,5 м/сек. для сыпучих материалов, в нашем случае он будет равен 0,8 (Козмин, стр. 230),

$i$  — полная емкость ковша, в литрах,

$a$  — расстояние между ковшами,

$\gamma$  — удельный вес сырого песка = 1,8,

$V$  — скорость движения.

Так как в этом уравнении все величины известны, кроме величины ( $a$ ), то, подставив сюда их, мы определим расстояние между ковшами, равное

$$\frac{36 \cdot 0,8 \cdot 0,34 \cdot 1,8 \cdot 0,5}{1,5} = 0,6 \text{ м.}$$

4. Диаметры барабанов берем наименьшие для данной ленты и черпаков, а именно 300 мм, диаметр вала 30 мм. (Таблица Козмин, стр. 232). Натяжное приспособление берем с подшипником, перемещаемым винтом, так как подобная конструкция при своей простоте позволяет хорошо сохранять натяг.

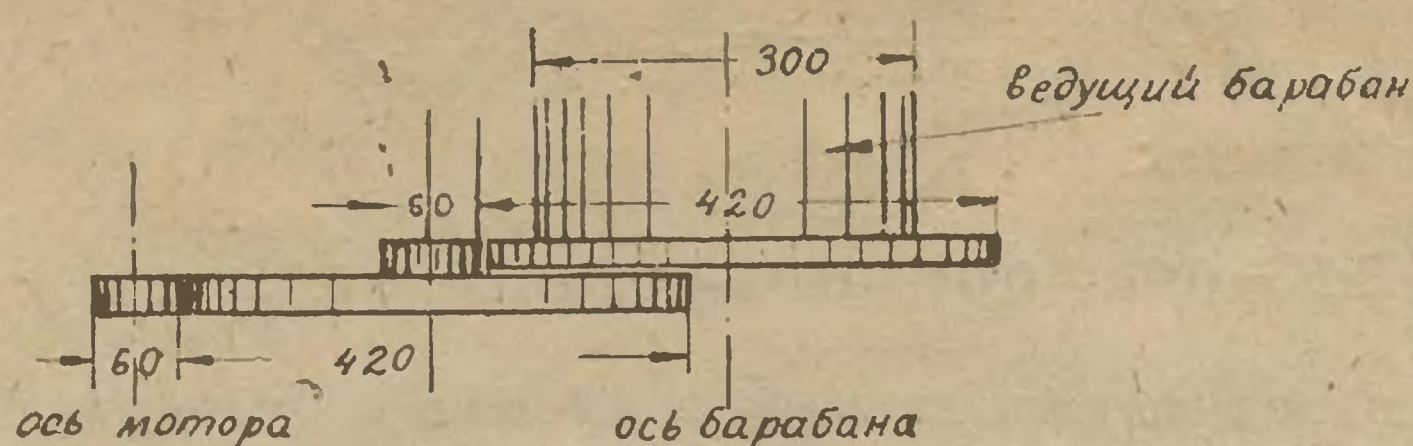
5. Передача от мотора к ведущему барабану. Число оборотов барабана определится из скорости ленты 0,5 м/сек. (скольжением ленты пренебрегаем) и диаметра барабана 0,3 м, очевидно, в данном случае оно будет равно 30 в минуту. Моторы же малых мощностей имеют число оборотов около 1.500 в минуту, т. е. нам потребуется набор шестеренок с передаточным числом 50. Возьмем шестеренку, насаженную на вал мотора минимальных размеров  $\mu$  (модуль) = 3, отсюда диаметр  $3 \times 20 = 60$  мм, толщина зуба  $\frac{\pi \cdot 3}{2} \approx 4,5$  мм, ширь а 2 шага, т. е.  $\approx 20$  мм. Схема набора будет такая (черт. 12). Передаточное число  $7 \times 7 = 49$ , т. е. то, что нам надо.

6. Мощность мотора. Мощность эта складывается из нескольких мощностей. Рассмотрим каждую из них. Мощность для подъема

$$N_1 = \frac{1,5 \times 15}{270} = 0,08 \text{ лш. силы.}$$



Для определения мощности, идущей на преодоление сопротивлений от трения в цапфах, установим нагрузку верхнего барабана. Исходя из расстояния между барабанами, т. е. длины ленты  $2 \times 15 + \pi D = \approx 31$  м, нагрузка составит:



Черт. 12.

$$31 \left( 1 + \frac{0,3}{0,6} \right) + \frac{31}{2} \cdot \frac{0,34 \times 1,8}{0,6} = 62 \text{ кг.}$$

0,3 — вес пустого ковша, в килограммах;

0,6 — расстояние между ковшами, в метрах;

0,34 — емкость ковша, в литрах;

1,8 — удельный вес материала.

Натяжное приспособление дает 50 кг (для ленты достаточно), так как оно действует как на нижний, так и на верхний барабан, то общая нагрузка будет  $50 + 50 + 62 = 162$  кг.

При отношении  $\frac{d}{D} = \frac{30}{300} = \frac{1}{10}$  и при  $\mu = 0,25$  (смазка недостаточно тщательная) получим сопротивление от трения в цифрах:

$$W = 162 \times 0,25 \times \frac{1}{10} = \approx 5 \text{ кг,}$$

т. е.

$$N_2 = \frac{5 \times 0,5}{75} = \approx 0,04 \text{ лош. силы.}$$

Сопротивление ленты перегибу. Для пенькового ремня толщиной 5 мм берем формулу Ганфштангеля (Ганфштангель: „Перемещение массовых грузов“, стр. 138)

$$W = \frac{0,3b}{D+0,1} (1 + 0,21q) \text{ кг,}$$

где:  $b$  — ширина ленты, в метрах,

$D$  — диаметр барабана, в метрах,

$q$  — нагрузка на ленту в  $\text{кг/см}^2$ , в нашем случае = 5,

отсюда:

$$W = \frac{0,3 \times 0,1}{0,3 + 0,5} (1 + 0,21 \times 5) = 1,5 \text{ кг,}$$

т. е.

$$N_4 = \frac{1,5 \times 0,5}{75} = \approx 0,1 \text{ лош. силы.}$$



Сопротивление черпанию при скорости 0,5 м/сек. и при не особенно благоприятных условиях питания, по Ганфштангелю, вызывает удельную работу около 3 кг/м, тогда мощность необходимая:

$$N_6 = 3 \cdot \frac{1.500}{3.600} \cdot \frac{1}{75} = \approx 0,016 \text{ л. с.}$$

Суммарная мощность:

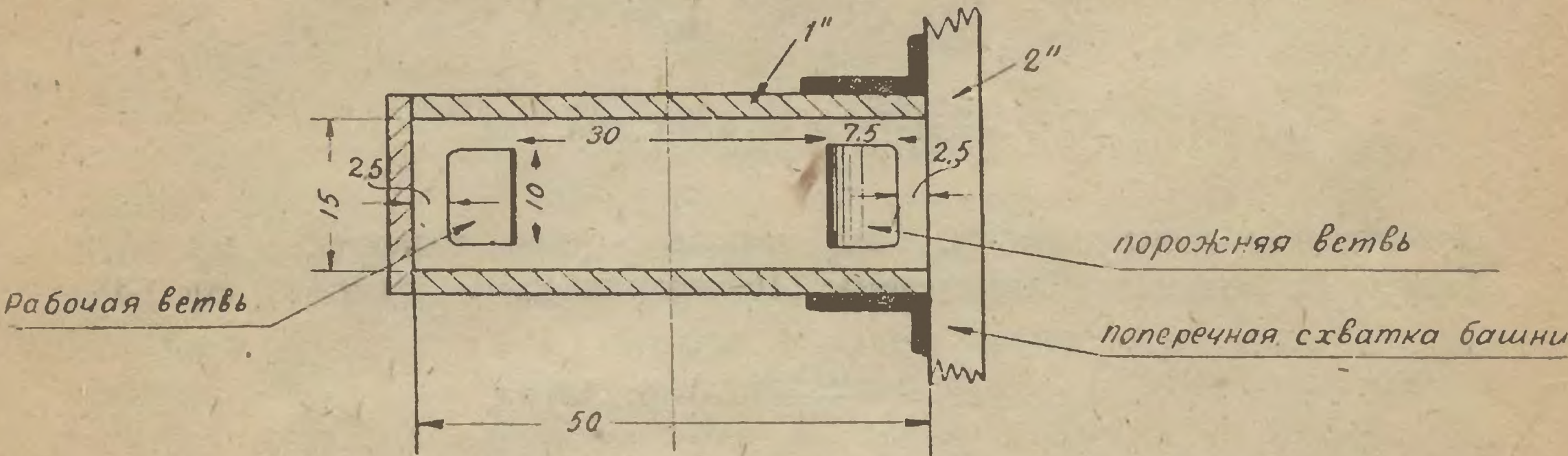
$$\Sigma N = 0,08 + 0,04 + 0,01 + 0,016 \approx = 0,15 \text{ л. с.}$$

Коэффициент полезного действия передачи примем 0,6, тогда мотор потребуется  $\approx 0,25$  л. с. но, приняв во внимание засорение, трогание с места, возьмем мотор в 0,5 л. с.

7. Вес механического устройства элеватора.

лента 30 м по 1 кг . . . . .	30 кг
ковшей $\frac{30}{0,6} = 50$ шт. по 0,3 кг . . . . .	15 "
барабан верхний . . . . .	30 "
барабан нижний . . . . .	30 "
мотор . . . . .	30 "
привод . . . . .	30 "
прочие принадлежности (натяж., присп. и т. д.) . .	30 "
<hr/>	
Всего . . . . .	180 кг

8. Установка всего устройства. Так как вся система очень легкая, то верхний башмак, привод и мотор устанавливаем на крыше, чехол пропускаем через будку



Черт. 13.

печи и прибиваем к поперечным схваткам башни. Чехол делаем из дюймовых досок, размеры чехла в плане (размеры в сантиметрах) (черт. 13).

Загрузочная яма (черт. 14). Для удобства загрузки нижний барабан помещаем в яму, размеры которой и форма показаны на чертеже. Яма закрывается крышкой. Ввиду небольшого веса элеватора специального фундамента делать не надо. Дно ямы и стенки бетонные. Яме даны размеры, удобные для осмотра и очистки. Для направления песка поставлена на дно съемная наклонная деревянная доска. Перед



пуском открывают крышку ямы, затем высыпает вагонетку с сырым песком, пока рабочий подвезет следующую вагонетку, нория уберет насыпанный песок.

#### V. Определение расхода топлива на сушку.

Так как получить данные о расходе топлива на сушку не удалось в виду того, что дороги не ведут специального учета, то пришлось грубо подсчитать эту величину.

1. Количество испаряемой влаги — объем песка (сырого) 4 куб. м, часовая производительность  $\frac{4}{24} \approx 0,15 \frac{\text{куб. м}}{\text{час}}$  или 270 км/час.

Вес часовой производительности сухого песка, считая вес 1 куб. м = 1,4 т.  $0,15 \times 1.400 = 210 \text{ км/час}$ .

Предполагая, что в песке влаги не останется совсем после сушки, получим, что в час надо испарить  $270 - 210 = 60 \text{ кг}$  воды.

2. Определение количества тепла, расходуемого на различные потери.

Тепло, уносимое из печи с высушенным песком. Примем температуру входящего песка —  $15^\circ$ , выходящего  $+60^\circ$ , разность температуры  $75^\circ$ . Для 1 кг песка на  $1^\circ$  (теплоемкость) надо 0,2 калории. Отсюда уносимое количество тепла в час  $210 \times 0,2 \times 75 = \approx 3.000$ .

Охлаждение будки примем  $\approx 2.000$  калорий/час.

Всего потери составят 5.000 калорий/час.

3. Тепло, расходуемое на испарение воды (по формуле Ренъо).

Количество воды, которое надо испарить в час  $\frac{P \cdot p}{h \cdot 100}$

$$Q = (606,5 + 0,305 T - T_1) \cdot \left( \frac{P \cdot p}{h \cdot 100} \right) = [606,5 + 0,305 \times 50 - (-15)] \cdot 60 = \approx 15\,000 \text{ калор/час.}$$

Общее количество тепла:

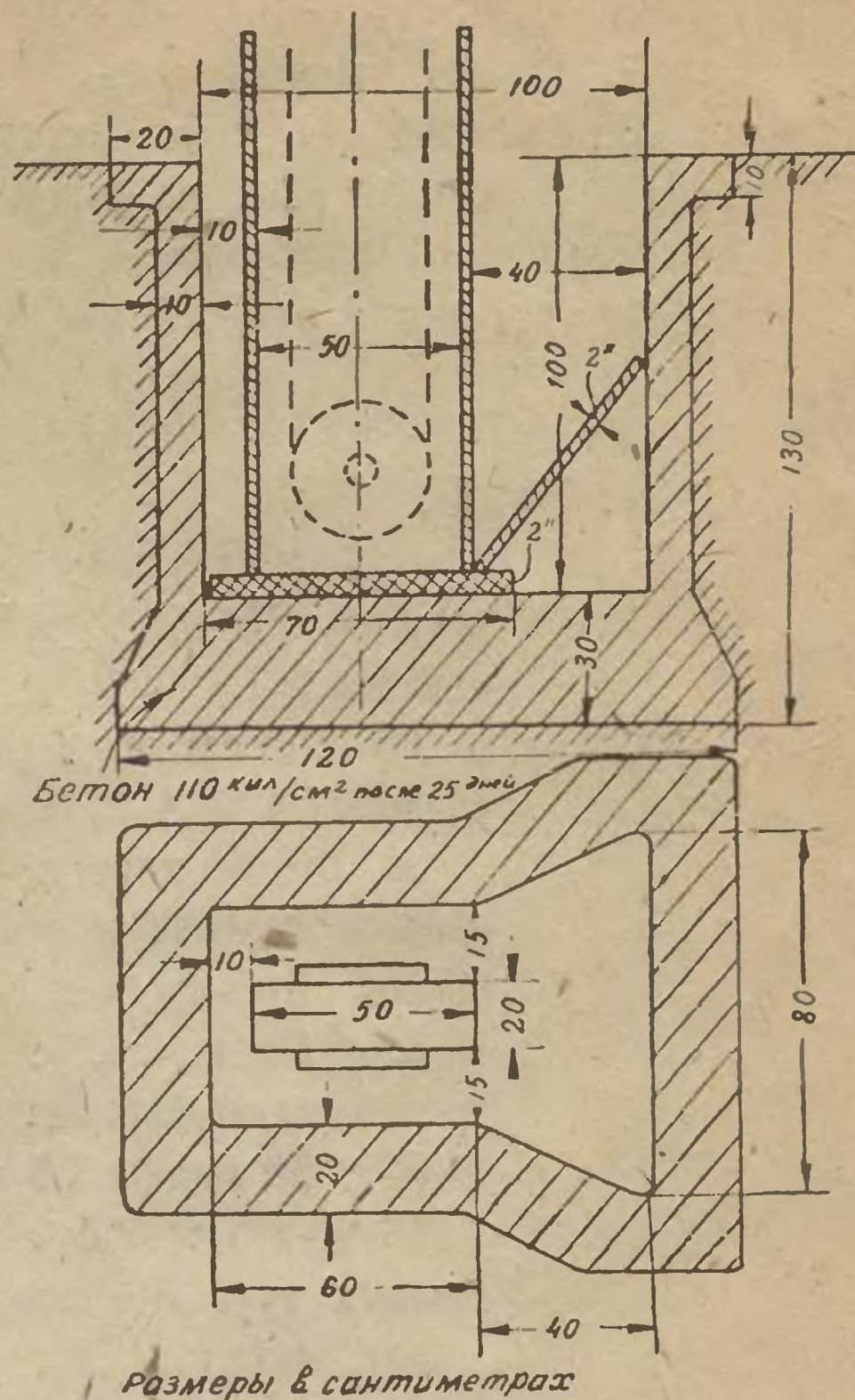
$$5\,000 + 15\,000 = 20\,000 \text{ калорий в час.}$$

Это количество тепла выделяется воздухом при охлаждении его с  $60^\circ$  до  $40^\circ$

$$\text{объем его } V = \frac{20000 (+0,00366 \times 40)}{0,237 \times 1,293 (60 - 40)} = \approx 4500 \text{ куб. м/час.}$$

4. Количество теплоты, необходимое для нагревания воздуха.

$$Q = \frac{V \cdot c \cdot d}{1 + \alpha t_0} (T_0 - \tau) = \frac{4500 \times 0,237 \times 1,293}{1 + 0,00366 \times 40} [60 - (-15)] = \approx 90\,000 \text{ калорий в час.}$$



Черт. 14.



5. Количество пара, необходимое для нагревания.

$$P = \frac{W}{606,5 + 0,305 T_1 - T_2} = \frac{90000}{547,3} = 185 \frac{\text{кг}}{\text{час}} \quad (3 \text{ атм. абс.})$$

6. Расход топлива (часовой) =

$$= \frac{185 \times 641^2}{0,6 \times 7000} = 28 \text{ кг в час.}$$

7. Расход топлива в год.

$0,028 \times 24 = 0,7 \text{ т}$  в сутки. Зимой, считая тонну 12 руб., получим суточный расход 8 руб. 40 коп., но такой расход будет только зимой (примем 180 дней), остальные 180 дней примем по 6 руб. в сутки, тогда годовой расход выразится 2.600 руб. или 2 руб. 17 коп. на тонну, а на паровоз (0,25 т) 56 коп.

## VI. Стоимость сооружения.

### 1. Башня.

фундамент бутовый $3 \times 4 = 12 \text{ куб. м} \times 15 \text{ р.}$	180 руб.
колонны $25 \text{ см} \times 8,5 \text{ м} \times 4 \text{ шт.} \times 20 \text{ р.}$	80 "
схватки $12 \times 2 + 12 \times 2,5 = 54 \text{ пог. м}$	
$18 \times 5 \text{ см}$ по 60 к. метр $\times 54$	32 "
раскосы $4 \times 4 \times 3 = 48 \text{ пог. м}$ $18 \times 5 \text{ см}$	
по 60 к. метр $\times 48$	30 "
обвязка веревка и основан. печей.	
бревна $30 \text{ см} \times 2,5 \text{ м} \times 6 \text{ шт.}$ $15 \text{ пог. м}$	
$6 \times 10 \text{ р.}$	60 "
железа полосового $4 \times 4 = 16 \text{ пог. м}$	
$8 \times 60 \text{ мм}$ по 3,5 кг/м по 2 р. 50 к. за метр	
$16 \times 3,5 \times 2,5$	140 "
газовых труб $50 \text{ мм} \times 24 \text{ пог. м}$ по 2 р. 50 к.	
пог. метр	60 "
болтов $\frac{5}{8}$ 8 шт. по 2 р. 50 к.	20 "
Итого материал	600 руб.

Рабсила $8,5 \times 2 \times 2,5 \text{ куб. м} = 43 \text{ куб. м}$	
на 1 куб. м	— руб.
квалифиц. рабочих $0,8 \text{ чел./дн.}$ по 6 руб. $\times 43$	200 "
неквалифиц. раб. $0,02 \text{ чел./дн.}$ по 3 руб. $\times 43$	32 "

Итого рабсила . . . . 232 руб.

Стоимость башни . . . . 832 руб.

Примем . . . . 900 "

По ценам ЛОУСК на 1930 год.

<sup>1</sup>  $T_1$  — температура пара в котле при 3 атмосферах абсолютно =  $133,9^\circ$ .

$T_2$  — температура конденсации воды  $100^\circ$ .

<sup>2</sup> 641 — количество тепла, затрачиваемого на получение 1 кг пара при 3 атмосферах абсолютно при температуре питательной воды  $12^\circ$ , влажности пара  $5\%$ .

$$Q = 647 - 12 + (134 - 12) = 641 \text{ калория.}$$



2. Будка для печи $3 \times 4,5 \times 4 = 54$ куб. м	
по 10 руб. за куб с рабсилой и материалом .	540 руб. )
3. Бункеры по 25 руб. за штуку с материа-	
лом и рабсилой . . . . .	50 „
4. Лестница к будке . . . . .	50 „

Итого стр. части . . . 1 540 руб.

5. Печей 2 шт. по 500 руб. за штуку . . .	1 000 „
6. Элеватор производительностью 1 куб. м	
в час с мотором, приводом и т. д. . . . .	600 „
7. Прочие принадлежности (ссыпные трубы, за-	
творы и т. д.) . . . . .	100 „
8. Монтаж механической части . . . . .	300 „

Итого мех. часть . . . 2 000 руб.

т. е. стоимость всего устройства кругло . . . 3 600 „

#### VII. Стоимость эксплуатации.

1. Амортизация на 10 лет $\frac{3600}{10}$ . . . . .	360 „
2. Ремонт 1% от стоимости . . . . .	40 „
3. Обслуживание 1 рабочим . . . . .	1 000 „
4. Электрич. эн. $360 \times 4 \times 0,5 \times 0,74 \times 8$ коп. . . . .	40 „
5. Отопление . . . . .	2 600 „

Итого . . . . . 4 040 руб. )

Годовая производительность  $360 \times 3 = 1080$  т  
сухого песка, т. е. стоимость 1 т. 3 руб. 36 коп.  
или на 1 песочницу в 250 м<sup>3</sup> 84 коп.

#### VIII. Вариант с пневматической подачей.

Очевидно строительные расходы будут те же самые, так как бункеры должны быть на башне (иначе наполнение песочниц будет идти медленно), самая башня будет легче, но зато устройство резервуаров для песка под печами будет стоить дороже.

Будка и печи стоят то же самое. Механическую часть примем одинаковую со стоимостью нории. Таким образом расходы на сооружение те же.

Обслуживание потребует 2 рабочих в виду отсутствия непрерывности работы устройства.

Расход воздуха берем из опыта.

Расход топлива тот же.

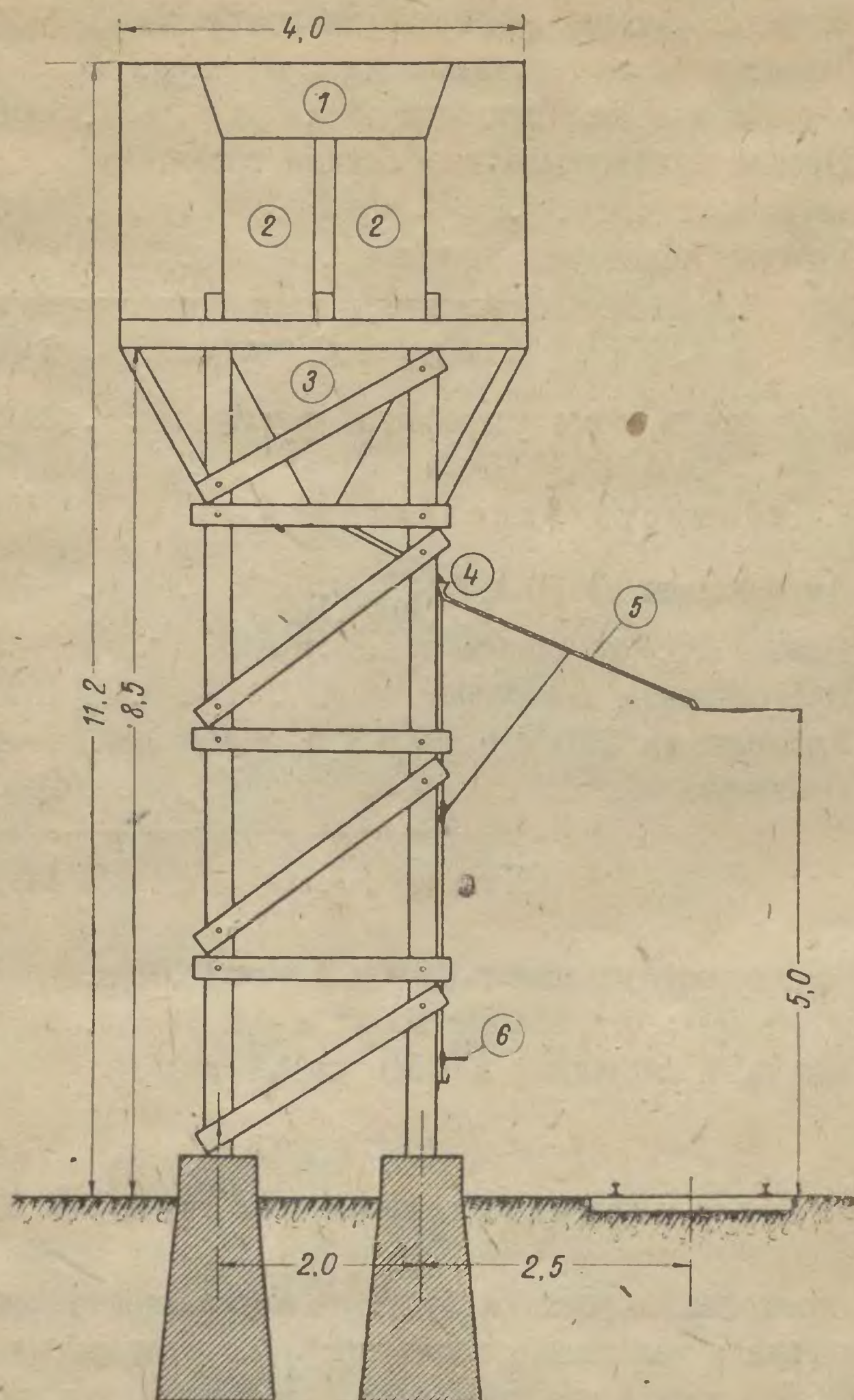
По ведомости цен на ж. д. имущество часть „Тяга“ изд. 1928 г.



Таким образом имеем:

1) амортизация . . . . .	360	руб.
2) ремонт . . . . .	40	„
3) обслуживание . . . . .	2.000	„
4) воздух 60 коп. на тонну . . . . .	720	„
5) топливо . . . . .	2.000	„

Итого . . . . 5.720 руб.



Фиг. 15. Общий вид устройства.

1 — Бункер сырого песка, 2 — Печи. 3 — Бункер сухого песка. 4 — Затвор.  
6 — Насыпная труба. 6 — Рукоятка для наведения трубы.

при производстве 1.200 т на тонну  $\frac{5.720}{1.200} = 4$  руб. 72 коп.

На песочницу 0,25 т = 1 руб. 18 коп., т. е. на 1 руб. 18 коп. — 84 коп. = 34 коп. дороже, чем в первом случае.